

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Študijný program: M3106 – Textilné inžinierstvo
Študijný obor: 3106 T – Textilná technológia

Stanovenie ohybovej tuhosti zmesových tkanín

Determination of flexural rigidity of mixed woven fabrics

Michaela Červeňanská

KTT

Vedúci diplomovém práce: Prof. Ing. Bohuslav Stříž, DrSc.

Konzultant: Ing. Iva Mertová

Rozsah práce:

Počet strán textu: 56

Počet obrázkov: 20

Počet tabuliek: 8

Počet grafov: 18

Počet príloh: 23

Originál zadania diplomovej práce

Prehlásenie

Prehlasujem, že predložená *diplomová* práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Sb. O práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením *diplomovej* práce v Univerzitnej knižnici TUL.

Bola som zoznámená s tým, že na moju *diplomovú* prácu sa plne vzťahuje zákon č.121/2000 Sb. o práve autorskom, najmä § 60 (školské dielo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzavretie licenčnej zmluvy o použití mojej diplomovej práce a prehlasujem, že **s ú h l a s í m** s prípadným použitím mojej diplomovej práce (predaj, zapožičanie apod.).

Som si vedomá toho, že použiť svoju diplomovú prácu či poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom TUL, ktorá má právo odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela (až do ich skutočnej výšky).

V Liberci, dňa 15. 05. 2006

.....

Podpis

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcela poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce

Prof. Ing. Bohuslavovi Strážovi, DrSc za odbornú pomoc, **Ing. Ive Mertovej** za cenné rady, ochotu a poskytnutie pomoci pri vypracovaní diplomovej práce.

Tiež by som sa chcela poďakovať svojim rodičom, ktorí mi umožnili štúdium na tejto vysokej škole, svojmu priateľovi a príbuzným za lásku, trpezlivosť a psychickú podporu behom celého štúdia.

ANOTÁCIA

Táto diplomová práca sa zaoberá stanovením ohybovej tuhosti zmesových tkanín.

V prvá časť obsahuje základné pojmy týkajúce sa ohybovej tuhosti tkanín a metódy stanovenia ohybovej tuhosti.

V druhej časti bolo prevedené meranie ohybovej tuhosti zmesových tkanín pomocou špeciálneho prípravku a obrazovej analýzy.

Záver je venovaný vyhodnoteniu vplyvu pomeru dostáv, vplyvu plošnej hmotnosti a vplyvu objemového podielu na ohybovú tuhosť zmesových tkanín. A porovnanie nameranej ohybovej tuhosti so systémom KES.

Kľúčové slová: ohybová tuhosť, mechanika kontinua, zmesová tkanina s plátňovou väzbou, dostava.

ANNOTATION

This diploma deals with the flexing rigidity of mixed woven fabrics.

The first part discusses with the basic terms concerning flexing rigidity of fabrics and assessment methods of flexing rigidity.

The second part contains the measurement results of flexing rigidity of mixed woven fabrics. The measurements were conducted by particular preparation and image analysis.

The final part is devoted to evaluation and interpretation of influences of area weights and the influences of volume proportions on flexing rigidity of blended fabrics. The results of measured flexing rigidity are compared to KES system.

Key words: flexural rigidity, continuum mechanics, mixed fabric whit plain weave, texture.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. ÚVOD | 8 |
| 2. TEORETICKÁ ČASŤ | 10 |
| 2.1 Tuhosť v ohybe | 10 |
| 2.2 Metódy zisťovania ohybovej tuhosti textílií | 10 |
| 2.2.1 Statické metódy | 11 |
| 2.2.1.1 Metóda z ťahového diagramu | 11 |
| 2.2.1.2 Metóda previsu | 12 |
| 2.2.1.3 Cantilever test | 12 |
| 2.2.1.4 Sommerova metóda | 13 |
| 2.2.1.5 Metóda podľa Peirce | 13 |
| 2.2.1.6 Metóda podľa ČSN | 14 |
| 2.2.1.7 Saxova metóda | 14 |
| 2.2.1.8 Tinius Olsenova metóda | 15 |
| 2.2.1.9 Metóda podľa Stříža | 15 |
| 2.2.2 Dynamické metódy | 21 |
| 2.2.2.1 Schifferova metóda | 21 |
| 2.2.2.2 Bekkova metóda | 21 |
| 2.2.2.3 Systém KES | 22 |
| 2.2.2.3.1 KES-FB1 (testovanie ťahu a šmyku) | 23 |
| 2.2.2.3.2 KES-FB2 (testovanie ohybu) | 23 |
| 2.2.2.3.3 KES-FB3 (testovanie stlačiteľnosti) | 25 |
| 2.2.2.3.4 KES-FB4 (testovanie povrchu) | 25 |
| 2.2.3 Vplyv konštrukcie tkaniny na jej ohybovú tuhosť | 26 |
| 2.2.4 Ohybová tuhosť zmesových tkanín | 26 |
| 2.3 Vlastnosti plošných textílií | 28 |
| 2.3.1 Rozbor tkanín | 28 |
| 2.3.2 Väzby tkanín | 29 |
| 2.3.2.1 Plátňová väzba | 30 |
| 2.3.2.2 Odvodeniny plátnovej väzby | 31 |
| 2.3.3 Plošná merná hmotnosť | 32 |
| 3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ | 33 |
| 3.1 Modifikovaná metóda Internej normy č. 22-201-01/01 | 33 |
| 3.1.1 Podstata skúšky | 33 |
| 3.1.2 Použitý materiál | 33 |
| 3.1.3 Použité zariadenie | 34 |
| 3.1.4 Postup merania | 34 |
| 3.1.4.1 Príprava snímacieho zariadenia | 34 |
| 3.1.4.2 Príprava preparátu | 34 |
| 3.1.4.3 Príprava softwareovej obrazovej analýzy | 35 |
| 3.1.4.4 Snímanie obrazov | 35 |
| 3.1.4.5 Program pre stanovenie ohybovej tuhosti tkanín | 35 |
| 3.2 Vyhodnotenie výsledkov | 36 |
| 3.2.1 Stanovenie vplyvu pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesových tkanín | 38 |
| 3.2.2 Stanovenie vplyvu objemového podielu na ohybovú tuhosť zmesových tkanín | 45 |
| 3.2.3 Stanovenie vplyvu plošnej hmotnosti na ohybovú tuhosť zmesových tkanín | 47 |
| 3.2.4 Porovnanie ohybovej tuhosti nameranej pomocou obrazovej analýzy a systému KES | 49 |

| | |
|---|----|
| 3.3 Overenie správnosti pracovania programu ohyb..... | 53 |
| 4. ZÁVER..... | 54 |
| Použitá literatúra | 55 |
| Prílohy | 56 |

Zoznam použitých symbolov a skratiek:

| | | |
|------------|-------------|--|
| CO | | bavlna |
| POP | | polypropylén |
| 35 POP | | zmes 35%polypropylén 65%bavlna |
| 50 POP | | zmes 50%polypropylén 50%bavlna |
| 65 POP | | zmes 65%polypropylén 35%bavlna |
| P88 | | tkanina s dostavou útku $Dú = 88$ nití/10 cm |
| P170 | | tkanina s dostavou útku $Dú = 170$ nití/10 cm |
| P193 | | tkanina s dostavou útku $Dú = 193$ nití/10 cm |
| P210 | | tkanina s dostavou útku $Dú = 210$ nití/10 cm |
| P218 | | tkanina s dostavou útku $Dú = 218$ nití/10 cm |
| P230 | | tkanina s dostavou útku $Dú = 230$ nití/10 cm |
| Do | [1/10 cm] | dostava osnovy |
| Dú | [1/10 cm] | dostava útku |
| č | | číslo |
| obr | | obrázok |
| PC | | počítač |
| s.r.o. | | spoločnosť s ručením obmedzeným |
| KES – FB | | Kawabata Evolution system for Fabrics (Kawabatov systém hodnotenia pre textílie) |
| E | $[Nm^{-2}]$ | Yongov modul pružnosti v ťahu alebo tlaku |
| EI | $[Nm^2]$ | ohybová tuhosť |
| q | $[Nm^{-2}]$ | tiaž textílie |
| I | $[m^4]$ | moment zotrvačnosti |
| OA | | počiatočný a koncový bod krivky |
| B | $[mNmm^2]$ | ohybová tuhosť |
| \bar{x} | $[mNmm^2]$ | priemerná hodnota ohybovej tuhosti |
| IS | $[mNmm^2]$ | interval spoľahlivosti |
| s | $[mNmm^2]$ | smerodatná odchylka |
| v | [%] | variačný koeficient |
| w_1 | [m] | sklon dotyčnice |
| x_0, w_0 | [m] | súradnice koncového bodu |
| x_c | [m] | súradnica ťažiska ohybovej čiary |
| l | [m] | dĺžka textílie |

1.ÚVOD

Jednou z dôležitých vlastností plošných textílií, ktoré ovplyvňujú estetický vzhľad textílií je ohybová tuhosť. Ohybová tuhosť je veličina popisujúca odpor textílie proti deformácii (ohýbaniu) vonkajším zaťažením. Toto vonkajšie zaťaženie je vyvodzované buď samotnou silou alebo spojitým zaťažením vyvolaným plošnou mernou hmotnosťou. Odpor textílie proti ohýbaniu úzko súvisí so splývavosťou a je určený konštrukciou textílie (tkanina, pletenina, hustota plošnej textílie) a jej úpravou (napr. naškrobením, podlepením).

V dnešnej dobe existuje mnoho metód merania ohybovej tuhosti tkanín, kvôli jednoduchosti je výsledok vyhodnotenia ohybovej tuhosti tkaniny len jedna hodnota, ktorá charakterizuje danú vlastnosť k špecifikovanej metóde testovania.

Cieľom tejto diplomovej práce bolo vyjadriť vplyv zmesového pomeru priadze na ohybovú tuhosť tkaniny, vplyv objemového podielu POP a plošnej hmotnosti na ohybovú tuhosť tkaniny špeciálneho prípravku a obrazovej analýzy. Porovnanie výsledkov nameranej ohybovej tuhosti pomocou obrazovej analýzy a systému KES.

2. TEORETICKÁ ČASŤ

2.1 Tuhosť v ohybe

Tuhosť v ohybe je fyzikálna veličina, ktorá ako silový odpor vzniká v plošnej textílii pri jej ohýbaní vonkajšou silou alebo vlastnou tiažou. Tento odpor je súčtom všetkých trecích a súdržných síl, ktoré pri tomto ohybe vznikajú medzi vláknami a medzi niťami vo väzbových bodoch. To znamená, že tkaniny s vyššou dostavou a pleteniny s vyššou hustotou budú vykazovať vyššie hodnoty tuhosti, ak sú tieto textílie ešte špeciálne preparované či podlepované, je hodnota tuhosti ešte vyššia [1].

2.2 Metódy zisťovania ohybovej tuhosti textílií

Metódy na zisťovanie tuhosti v ohybe rozdeľujeme do dvoch skupín. Na metódy statické a dynamické.

Statické metódy sú vhodné, ak potrebujeme vedieť okamžitú hodnotu tuhosti plošnej textílie.

STATICKE METÓDY:

- Metóda z ťahového diagramu,
- Metóda podľa Sommera,
- Metóda podľa Peirca,
- Metóda podľa ASTM,
- Metóda podľa ČSN,
- Metóda podľa Saxa,
- Metóda podľa Olsena,
- Metóda podľa Stříža.

Na posúdenie únavových javov pri opakovanom namáhaní textílie na ohyb využívame dynamické metódy.

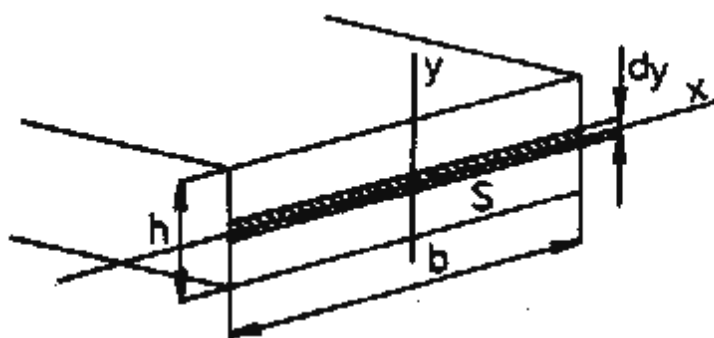
DYNAMICKÉ METÓDY:

- Metóda podľa Schifferra,
- Metóda podľa Bekka,
- Systém KES.

2.2.1 Statické metódy

2.2.1.1 Metóda z ťahového diagramu

METÓDA Z ŤAHOVÉHO DIAGRAMU vychádza z úvahy, kde plošná textília je homogénny útvar.

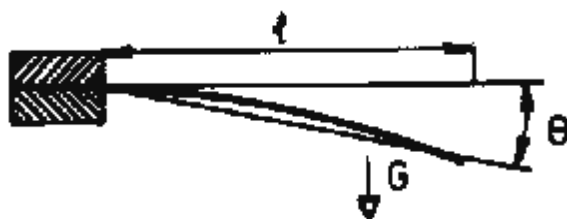


h.... hrúbka útvaru [m]
 b.... šírka útvaru [m]
 S.... plocha prierezu [m²]
 dS... element plochy
 prierezu [m²]
 $dS = b \cdot dy$

Obr.1 Prierez namáhaného plošného útvaru

2.2.1.2 Metóda previsu

METÓDA PREVISU- podľa Sommera -vychádza pri výpočtoch tuhosti v ohybe z plošnej mernej hmotnosti a ohybovej dĺžky, ktorú zisťuje na prúžku textílie dĺžky, ktorý je pevne vsadený do horizontálnej svorky a vlastnou tiažou sa ohýba



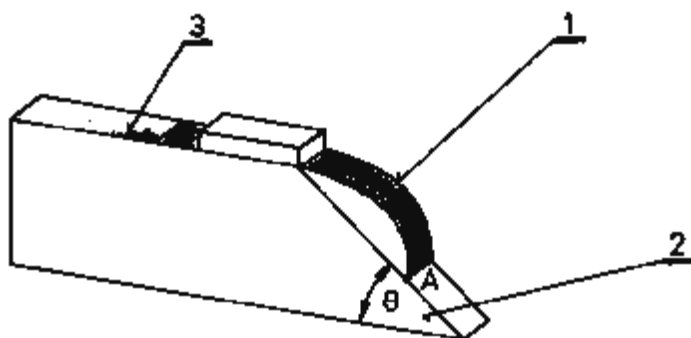
- l..... dĺžka prúžku textílie
- G.....tiaž prúžku [N]
- θuhol, vzniknutý medzi koncom prúžku a horizontálnou rovinou

Obr.2 Vsadený prúžok textílie podľa SOMMERA

2.2.1.3 Cantilever test

Metóda, ktorá bola pôvodne používaná len na vystužené odevné textílie, nazývaná CANTILEVER TEST vychádza z predchádzajúcej metódy. Pevný uhol je v konštrukcii prístroja pevne stanovený.

Prúžok textílie definovanej šírky so zaťažujúcim závažím vysúva nad šikmú časť a akonáhle sa jej koncom dotkne, na hornej stupnici sa odčíta vysunutá dĺžka prúžku.



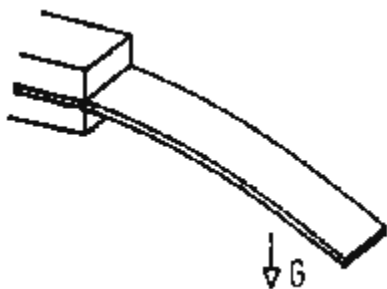
- 1.... prúžok textílie
- 2.... šikmá časť prístroja
- 3.... stupnica

Obr.3 Prístroj Cantilever Test

2.2.1.4 Sommerova metóda

Modifikácia SOMMEROVEJ metódy vychádza z prúžku textílie, ktorý je vsadený v horizontálnej čeľusti a je zaťažovaný vlastnou hmotnosťou.

G tiaž prúžku [N]



Obr.4 Vsadený prúžok textílie

2.2.1.5 Metóda podľa Peirce

METÓDA PODĽA PEIRCE pracuje tiež s prúžkom textílie, ktorý je upnutý do vertikálnej čeľuste, takže vytvára srdcovku.

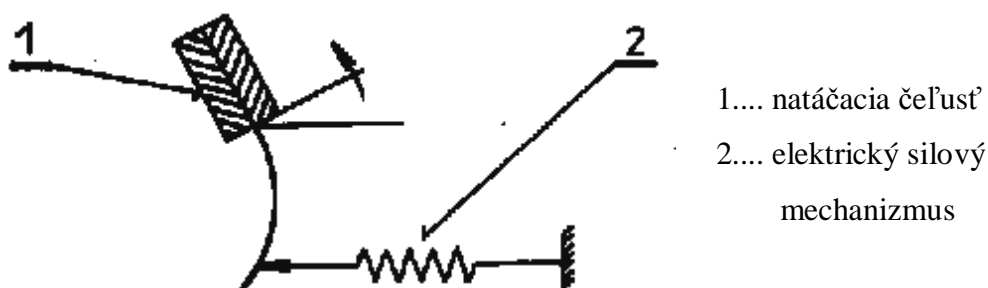


l výška „srdcovky“ [m]

Obr.5 Srdcovka pre metódu podľa PEIRCA

2.2.1.6 Metóda podľa ČSN

METÓDA PODĽA ČSN je založená na elektrickom snímaní ohybovej sily, kde prúžok textílie je upnutý v natáčajúcej čeľusti skúšobného prístroja a voľným koncom sa dotýka čidla prístroja. Vzorok je namáhaný na ohyb otáčaním čeľuste do 60° od zvislej osi silou, potrebnou pre túto deformáciu skúšaného vzorku. Konečná hodnota nameranej sily je úmerná dielikom na stupnici.



Obr.6 Merač tuhosti podľa ČSN

2.2.1.7 Saxova metóda

SAXOVA MEÓDA- Saxl tento prístroj navrhol najprv pre priadze a neskôr ho prispôbil pre plošné textílie. Testovaný vzorok je upnutý oboma koncami do čeľustí. V prvej fáze je vzorok vo vodorovnej polohe, otočením ľavej čeľuste sa vzorok ohýba. Mieru otáčania ukazuje uhlomer. Nevýhodou tejto metódy je, že vzorok je upevnený na oboch koncoch v čeľustiach. Z toho vyplýva, že deformácia vzorku môže byť spôsobená otáčaním ľavej čeľuste [2].

2.2.1.8 Tinius Olsenova metóda

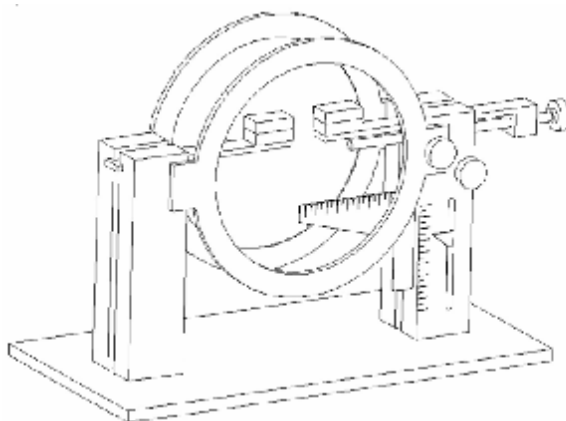
TINIUS OLSENOVA METÓDA dosiahla veľkého významu a je používaná ako ASTM norma pre testovanie tuhosti v ohybe.

Sústava sa skladá z kyvadla vrátane stupnice, ukazovateľa, ohybovej dosky pre dotyk voľného konca vzorku a série odnímateľných závaží. Systém je opatrený čapom pre ľahké otáčanie bez trenia. Upevnený vzorok, ku ktorému je pripojený ukazovateľ, môže byť otáčaný v pravotočivom smere[2].

2.2.1.9 Metóda podľa Stríža

METÓDA PODĽA STRÍŽA sa zaoberá určovaním ohybovej tuhosti textílie pomocou prípravku, v ktorom je textília (jednorozmerná alebo plošná) na jednom konci vsunutá a na druhom voľná. Pôsobí na ňu len jej vlastná hmotnosť.

Na obrázku č. 7 je zobrazený špeciálny prípravok na meranie ohybovej tuhosti.



Obr.7 Prístroj na stanovenie ohybovej tuhosti

U jednorozmerných textílií (vlákna, nite, priadze, úzke pásy) určuje Hookeov zákon len dva druhy modulov pružnosti: modul pružnosti v ťahu a modul pružnosti v šmyku. Neexistuje modul pružnosti v ohybe, a preto sa ohybové vlastnosti textílií vyjadrujú prostredníctvom ohybovej tuhosti EI , kde E je Youngov modul pružnosti v ťahu alebo tlaku a I je moment zotrvačnosti (presnejšie kvadratický moment) prierezu skúmaného vzorku textílie. Tým môže byť niť, priadza, vlákno, ale tiež plošná textília, ktorá sa upravuje do tvaru úzkeho pásika konštantnej šírky alebo trojuholníku, polkruhu

a podobne. Posledné dva tvary sa používajú u textílií s malou ohybovou tuhosťou, aby výslednica pôsobiacej sily tiaže mala menšiu hodnotu.

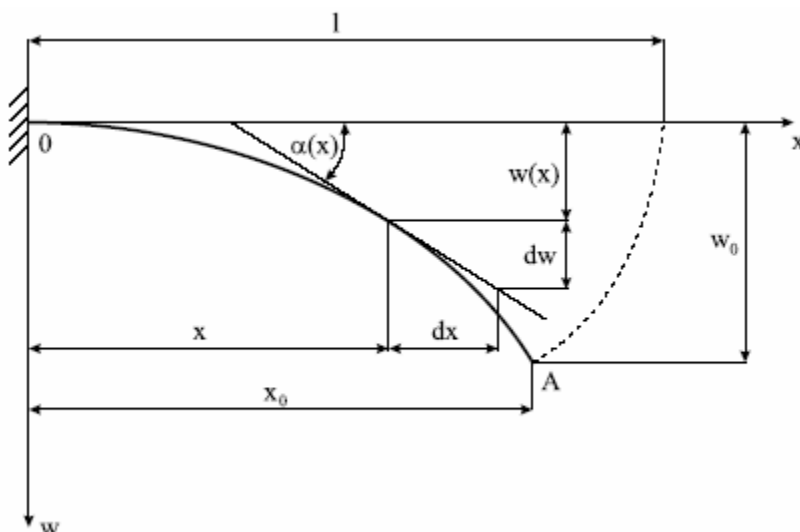
Experimentálne metódy určovania ohybovej tuhosti môžu byť rôzne. Vždy je však treba pre určenie ohybovej tuhosti EI aplikovať diferenciálnu rovnicu ohybovej čiary alebo iné závislosti, ktoré túto tuhosť obsahujú. V praxi sa prevažne používa približná diferenciálna rovnica

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI},$$

kde w charakterizuje posuv textílie kolmo na jej počiatočnú polohu určenú osou x . Veličina $M(x)$ je ohybový v obecnom bode textílie v pôvodnej polohe. Už z toho je zrejmé nepresnosť rovnice pre materiály typu textílie.

Budeme sa ďalej zaoberať určovaním ohybovej tuhosti EI textílie pomocou prípravku, v ktorom je textília (lineárna alebo plošná) na jednom konci vsadená a na druhom voľná. Pôsobí na ňu len jej vlastná hmotnosť.

Označíme mernú tiaž textílie $q[Nm^{-1}]$, jej dĺžku l [m], tuhosť v ohybe EI [Nm^2]. Budeme uvažovať u plošnej textílie konštantnú šírku, teda $I = \text{konšt.}$



Obr.8 Znáznornenie priehybovej čiary

Pre určenie ohybovej tuhosti EI textílie použijeme diferenciálnu rovnicu ohybovej čiary veľkých priehybov:

$$\frac{\frac{d^2 w(x)}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dw(x)}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = -\frac{M(x)}{EI}. \quad (2.1)$$

Je obtiažne stanoviť ohybový moment $M(x)$ v obecnom bode ohybovej čiary vyvolaný hmotnosťou textílie.

Preto je treba rovnicu (2.1) dvakrát derivovať podľa súradnice x a využiť tzv. Schwedlerovú vetu:

$$\frac{d^2 M(x)}{dx^2} = -q(x), \quad (2.2)$$

kde

$$q(x) = \frac{q}{\cos \alpha(x)} = q \sqrt{1 + \left(\frac{dw(x)}{dx}\right)^2}.$$

Pre rozklad v rade boli využité len prvé dve nasledujúce okrajové podmienky vsadeného konca textílie $x = 0$. Musí však byť splnené:

$$w(0) = 0, \quad w'(0) = 0, \quad w''(0) = \frac{qlx_c}{EI}, \quad w'''(0) = -\frac{ql}{EI}, \quad (2.3)$$

kde x_c je označenie súradnice ťažiska ohybovej čiary.

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{w''(x)}{\left(1 + (w'(x))^2\right)^{\frac{3}{2}}} \right]_{x=0, w'=0} = w'''(0). \quad (2.4)$$

Pokiaľ je technicky možné určiť experimentálne tvar priehybovej čiary, napr. priemetom na rovinu s premeraním polôh vhodného počtu bodov krivky, potom je

jednoduché vyjadriť tiež analyticky radou tvar krivky. Porovnaním jednotlivých členov tejto rady s členmi rady (2.4) možno stanoviť hľadanú tuhosť EI . Pre analytické alebo numerické riešenie je treba využiť zostávajúce dve podmienky a podmienky na konci A priehybovej čiary so súradnicami x_0 , w_0 a sklonu w_1 dotýčnice (obr. 8)

$$w(x_0) = w_0, \quad w'(x_0) = w_1, \quad w''(x_0) = 0, \quad \frac{d}{dx} \left[\frac{w''(x)}{(1 + (w'(x))^2)^{3/2}} \right]_{x=x_0} = 0. \quad (2.5)$$

Okrajové podmienky (2.5), (2.7) splňuje funkcia:

$$w(x) = \frac{qlx_c x_0^2}{n(n-1)EI} \left[\left(1 - \frac{x}{x_0}\right)^n + n \frac{x}{x_0} - 1 \right], \quad (2.6)$$

kde je označené:

$$n = \frac{w_1 x_0}{w_1 x_0 - w_0}. \quad (2.7)$$

súčasne tiež platí:

$$n = 2 + \frac{x_0}{x_c}. \quad (2.8)$$

Ak využijeme prvú okrajovú podmienku (2.7) a závislosť (2.11), môžeme vzťahom:

$$w_0 = \frac{qlx_c x_0^2}{\left(2 + \frac{x_0}{x_c}\right)EI} \quad (2.9)$$

zjednodušiť rovnicu (2.9) na závislosť:

$$w(x) = \frac{w_0 x_c}{x_c + x_0} \left[\left(1 - \frac{x}{x_0}\right)^{\frac{2x_c + x_0}{x_c}} + \left(2 + \frac{x_0}{x_c}\right) \frac{x}{x_0} - 1 \right]. \quad (2.10)$$

Funkcia (2.9) alebo (2.13) splňuje všetkých osem okrajových podmienok, ale nie je riešením diferenciálnej rovnice (2.3). Aby sme sa k tvaru priehybovej čiary čo najviac

priblížili, budeme požadovať, aby dĺžka krivky popisovaná vzťahom (2.9) alebo (2.13) bola rovná dĺžke vzorku l .

Platí:

$$l = \int_0^{x_0} \sqrt{1 + w'(x)^2} dx. \quad (2.11)$$

Ak využijeme rovnicu (2.14) funkcie (2.13), vystupuje v nej jediný neznámy parameter x_c . Ten je možné zvoliť postupne tak, až je rovnica (2.14) s dostatočnou presnosťou splnená.

Pre výpočet súradnice ťažiska x_c možno tiež využiť známy vzťah:

$$x_c = \frac{1}{l} \int_0^{x_0} x \sqrt{1 + w'(x)^2} dx. \quad (2.12)$$

Z rovnice (2.12) určíme ohybovú tuhosť v tvare:

$$EI = \frac{qlx_0^2 x_c^2}{(2x_c + x_0)w_0}. \quad (2.13)$$

V okrajových podmienkach (2.7) sa vyskytuje sklon $w'(x_0) = w_1$. Túto podmienku sme využili len v definícii tvaru funkcie (2.9), pretože jej experimentálna hodnota býva zaťažená chybou a tá sa prejaví veľmi výrazne na hodnote tuhosti EI . Napriek tomu ju môžeme pre kontrolu určiť výpočtom zo vzťahu (2.10). Vyjde:

$$w_1 = \frac{nw_0}{x_0(n-1)} = \frac{(2x_c + x_0)w_0}{(x_c + x_0)x_0}. \quad (2.14)$$

Aby výsledky boli dostatočne objektívne, je vhodné realizovať experimenty zo vzorky rôznych dĺžok l . Z každého experimentu dostaneme hodnotu $(EI)_i$, kde $i = 1, 2, \dots, m$, m je počet vzorkov rôznych dĺžok.

Ohybovú tuhosť potom určíme ako aritmetický priemer dielčích tuhostí:

$$EI = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (EI)_i. \quad (2.15)$$

Poznámka:

Ťažisko ohybovej krivky sa nachádza medzi spojnicou bodov OA a dotyčnicou v bode A so smernicou w_I . Je možné stanoviť interval, v ktorom sa nachádza hodnota w_I . Je to:

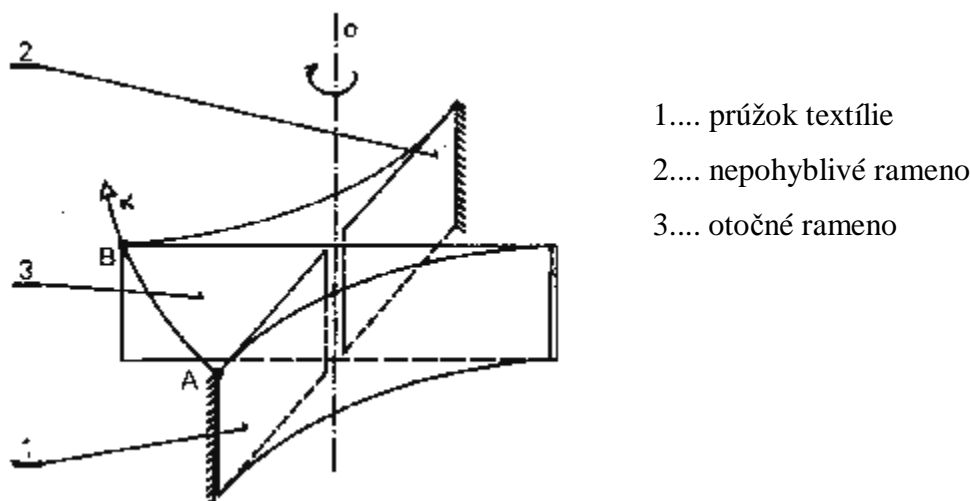
$$\frac{w_0}{x_0} \langle w_1 \langle \frac{2w_0}{x_0}. \quad (2.16)$$

Tento interval obmedzuje dĺžku l experimentálneho vzorku textílie, pre ktorý je možné aplikovať vzťah (2.10) [3].

2.2.2 Dynamické metódy

2.2.2.1 Schifferova metóda

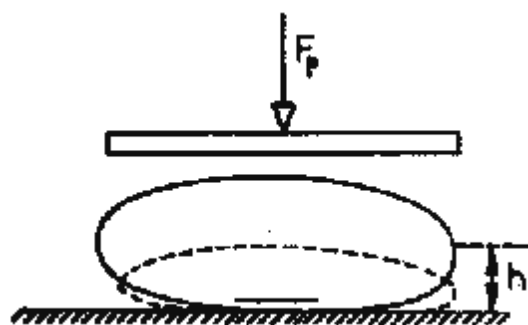
Najznámejšia je SCHIFFEROVA metóda, ktorá pracuje s dvomi vystrihnutými vzorkami, ktoré sú upnuté v špeciálnej otočnej čelusti. Dva prúžky textílie sú vertikálne upnuté jedným koncom v nepohyblivom ramene, druhým v otočnom ramene. To sa natáča v uhle podľa osi, na ktorej je snímač ohybového momentu.



Obr.9 Flexometer podľa SOMMERA

2.2.2.2 Bekkova metóda

Metóda podľa BEKKA používa dôsledne opakované zaťažovanie prúžku textílie, ktorý je upravený do tvaru smyčky. Tá je položená do horizontálnej polohy a opakovane zaťažovaná proti snímacej tlakovej sonde, ktorá registruje hodnoty tlakovej sily. Na základe poklesov maximálnych hodnôt sily je potom možné analyzovať stav únavy v ohybe. Metóda sa používa najmä pre výstužné odevné textílie a pre podlepované odevné textílie[1].



F_p tlaková sila [N]

h výška deformácie [m]

Obr.10 Metóda skúšania odolnosti textílií v ohybe

2.2.2.3 Systém KES

Systém KES (Kawabata evaluation systém) je zariadenie pozostávajúce zo šiestich jednotiek, ktoré slúžia k meraniu 16 charakteristík rozdelených do 6 skupín (ťahové, šmykové, ohybové, objemové, povrchové, konštrukčné) v rozsahu simulujúce bežné namáhanie odevných textílií pri nosení. Systém KES bol vytvorený pre objektívne hodnotenie omaku textílie, predovšetkým tkanín. Umožňuje objektívne odhadnúť celkové pocity väčšiny ľudí pri ich priamom kontakte s textilom[4].

Jednotlivé vlastnosti sa merajú pomocou počítačovej techniky na štyroch prístrojoch:

- § KES – FB 1...testovanie ťahu a šmyku,
- § KES – FB 2...testovanie ohybu,
- § KES – FB 3...testovanie stlačiteľnosti,
- § KES – FB 4...testovanie povrchu.

2.2.2.3.1 KES-FB1 (testovanie ťahu a šmyku)

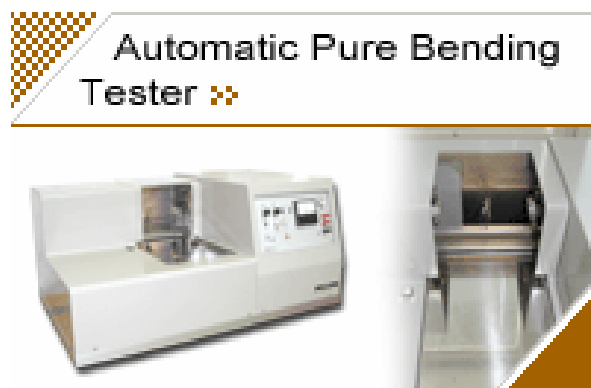
-tento prístroj je nový automatický model testovacieho zariadenia pre ťah a šmyk. Môže merať ťahové a šmykové vlastnosti látok, papiera, netkaných textílií a filmov. Týmto spôsobom je možné získať údaje o ťahovej energii, napätí, šmykovej tuhosti, zotavení atď.



Obr.11 Prístroj na meranie ťahových a šmykových vlastností KES-FB1

2.2.2.3.2 KES-FB2 (testovanie ohybu)

-tento prístroj je nový automatický model testovacieho zariadenia pre ohyb, môže merať ohybové vlastnosti (ohybová tuhosť, hysteréza, ohybového momentu) látok, papiera, netkaných textílií, priadzí, vlasov. Presnosť zistených údajov je veľmi vysoká a meranie sa prevádza v krátkom čase.



Obr.12 Prístroj na meranie ohybových vlastností KES-FB2

Ohybové vlastnosti

Ohybové vlastnosti sú dôležité najmä pre rozmer „KOISH“ (tuhosť) pri spracovaní tkanín.

Princíp merania:

Vzorka je upnutá medzi dvoma čeľusťami, medzi pevnou a pohyblivou čeľusťou. Upínacie čeľuste vzorok pripevňujú automaticky, dokrútením skrutky. Po upnutí vzorku sa meranie automaticky spustí. Pohyblivá čeľusť sleduje trajektóriu konca vzorky pri čistom ohybe, v uhle zakrivenia vzorky, aby bol nájdený vzťah medzi zakrivením K a ohybovým momentom[5].

Maximálne zakrivenie vzorky je $K = \pm 2,5 \text{ cm}^{-1}$

Merané vlastnosti: ohybová tuhosť B [$\text{gf}\cdot\text{cm}^2/\text{cm}$]

Hysteréza ohybového momentu $2HB$ [$\text{gf}\cdot\text{cm}^2/\text{cm}$]

Ohybová tuhosť B sa meria v rozpätí $+0,5 - 1,5 \text{ cm}^{-1}$

Podmienky merania sú rovnaké pre pozdĺžny aj priečny smer meranej vzorky.

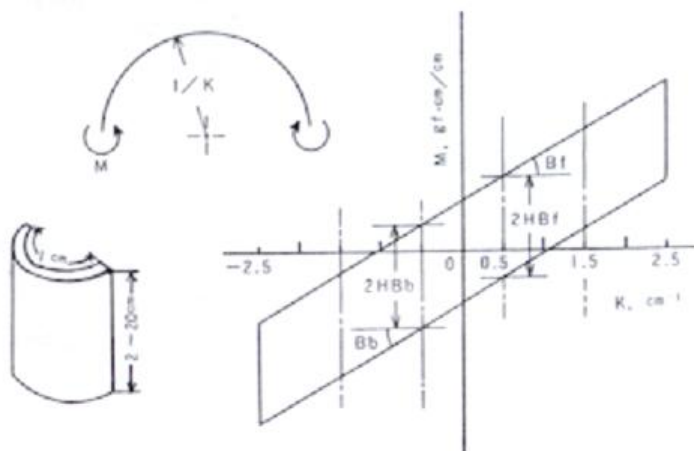
Veľkosť vzorky: $20 \times 20 \text{ cm}$

Upínacia vzdialenosť: 1 cm

Konštantná rýchlosť ohybovej deformácie: $0,5 \text{ cm}^{-1}/\text{sec}$.

Maximálne zakrivenie: - ohybová tuhosť $K = 2,5 \text{ cm}^{-1}$,

- hysteréza ohybového momentu $K = 0,5 \sim 1,5 \text{ cm}^{-1}$.



Obr.13 Ohybová charakteristika

2.2.2.3.3 KES-FB3 (testovanie stlačiteľnosti)

-tento prístroj je nový automatický model testovacieho zariadenia pre tlak. Môže merať tlakové vlastnosti ako je hrúbka textílií, práca pri stlačovaní, schopnosť zotavenia textílií s rastúcim tlakovým zaťažením.



Obr.14 Prístroj na meraní stlačiteľnosti KES-FB3

2.2.2.3.4 KES-FB4 (testovanie povrchu)

-tento prístroj je nový automatický model testovacieho zariadenia pre povrch. Môže merať povrchové vlastnosti látok, papiera, netkaných textílií a filmov. Údaje namerané na tomto prístroji majú dobrú koreláciu s ľudským prstom. Prístroj sa používa na meranie vlastností ako je NUMERI (hladkosť), SHARI (krehkosť) a ZARATSUKI (drsnosť).



Obr.15 Prístroj na meranie povrchových vlastností KES-FB4

2.2.3 Vplyv konštrukcie tkaniny na jej ohybovú tuhosť

Konštrukcia tkaniny ovplyvňuje jej vlastnosti ako sú vzhľad, hebkosť, priedušnosť, mačkovosť, splývavosť, a s týmito vlastnosťami úzko súvisí ohybová tuhosť tkaniny.

Ľudmila Fridrichová a Josef Mevald skúmali ohybovú tuhosť u tkaniny s plátnovou väzbou a s rôznou dostavou.

Pre experiment boli použité tkaniny zo 100% bavlny, jemnosť priadze 33 tex u priadze B a 2 x 25 tex u priadze A. Použitá väzba bola plátnová. Dostava osnovy bola 21 nití/cm, dostava útku bola 14 nití/cm, 16,5 nití/cm, 19 nití/cm – u tkanín z priadze A a 16 nití/cm, 20 nití/cm, 24 nití/cm – u tkanín z priadze B.

Ohybová tuhosť pre jednotlivé tkaniny sa merala na prístroji TH5. Ohybová tuhosť bola zmeraná v smere osnovy i útku. U každého vzorku bola premeraná skutočná dostava po útku a po osnove. Bol skúmaný vplyv počtu nití dostavy útku a osnovy na rast ohybovej tuhosti.

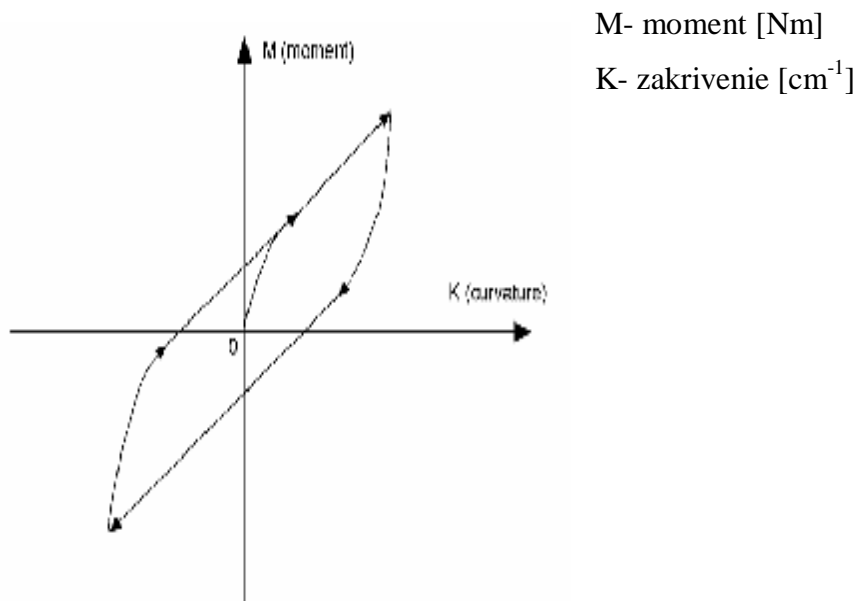
VYHODNOTENIE: Významný vplyv na ohybovú tuhosť má vzrastajúci počet útkových nití, ako aj presnosť predpísaného počtu útkových nití [6].

2.2.4 Ohybová tuhosť zmesových tkanín

Je všeobecne známe, že ohybová tuhosť zmesových tkanín vrátane tuhosti pri strihaní, stanovuje zakrývateľnosť tkaniny. Výsledky výskumu ukazujú, že ohybová tuhosť zmesových tkanín je dôležitým prispievateľom k formovaniu tkaniny, jej omaku, ohybnosti, odolnosti voči pomačkaniu a nemačkavosti.

Dva parametre, ktoré charakterizujú ohybovú vlastnosť tkanín sú vlastná ohybnosť alebo ohybová tuhosť a hysteréza. Pre bežné inžinierske materiály je stanovené ohybové chovanie v lineárnej rovine a ohybová tuhosť je definovaná ako konštanta úmernosti medzi pôsobiacim momentom a zakrivením. Ohýbanie tkanín je obecné definované ako nelineárne, tkanina je tvorená z veľkého počtu vlákien, ktoré majú značnú voľnosť v štruktúre tkaniny, dôsledkom toho sa vlákno napne menej ako pri ohýbaní pevného materiálu. S touto pohyblivosťou vlákien zaistená nízka ohybová tuhosť. Vnútorne

trenie vlákna je spojené s pohybom vlákna a je známe, že toto trenie je hlavnou príčinou nelineárneho chovania ohýbania tkaniny.



Obr. č.16 Typický ohyb - hysterézná krivka tkaniny

Pri ohýbaní tkaniny dochádza ku tlaku na vlákna, ktoré sa nemôžu sklízať jeden po druhom bez toho, aby nenastal trecí odpor. Prítomnosť trecieho odporu behom ohybu naznačuje hysterézu, kedy sa látka vráti do svojej pôvodnej konfigurácie. Ak je tkanina pokrčená, čas ohýbania sa hneď nemení, namiesto toho sa krivka mení postupne.

Na základe týchto uvažení, ohybová pružnosť tkaniny je definovaná ako poľivo požadované k ohnutiu pruhu tkaniny cez jednotku dĺžky na jednotkový polomer zakrivenia pod podmienkou čistého ohnutia, ak je vzťah považovaný za lineárny. Ak nie, tak je polomer definovaný ako zmena času ohybu k zakriveniu, napr. dM/dK a určite nie je konštantný. Bude relatívne vysoký behom počiatočného ohybu rovnej tkaniny a na začiatku nepoddajného procesu zostáva približne nezmenený. Vďaka jednoduchosti je ohybová pružnosť tkaniny tradične definovaná jednou konštantou s určitým predpokladom, ktorý sa vzťahuje k špecifickej testovacej metóde. Táto situácia vytvorila významnú rozporupnosť medzi hodnotami ohybovej pružnosti meranej rôznymi metódami a problémami v interpretácii týchto hodnôt [7].

2.3 Vlastnosti plošných textílií

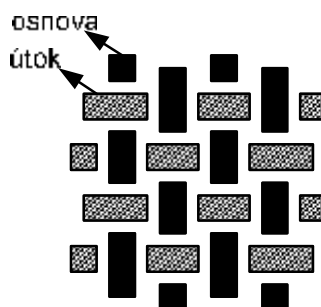
Vlastnosti plošných textílií závisia od vlastností vlákien, z ktorých boli vytvorené a konštrukčného vplyvu, doplnené ešte o veľmi významnú zložku, o konečnú úpravu, tá im dáva potom ich vlastnosť. Konštrukcia plošnej textílie je rôzna podľa toho, aká technológia bola pri výrobe použitá. Podľa toho existuje i ich rozdelenie:

- 1) tkaniny
- 2) pleteniny
- 3) pletenotkaniny
- 4) netkané textílie
- 5) vrstvené textílie

Všetky uvedené druhy plošných textílií prechádzajú vo svojej konečnej fáze výroby tzv. konečnou úpravou. Rozdeľujeme ju na mokrú a suchú a dáva textíliám ich konečné vlastnosti [1].

2.3.1 Rozbor tkanín

Tkanina - je útvar vznikajúci na tkalcovskom stave, ktorý preväzuje nite dvoch sústav (osnova, útok) väzbovou technikou a vytvára tak sústavu väzbových bodov. V nich dochádza ku vzniku trecích síl a tie sú hlavným nositeľom mechanických i tvarových vlastností.



Obr.17 Schéma tkaniny

Osnova

- leží v smere dĺžky tkaniny. Skladá sa z niekoľko tisíc osnovných nití rovnobežných s kraji tkaniny.

Útok

- je tvorený jednou niťovou kolmou k osnove, v kraji tkaniny sa vracia a ukladá sa rovnobežne s predchádzajúcim útkom.

Väzba

- je spôsob vzájomného previazania osnovných a útkových nití.

Osnovná väzba

- väzba, v ktorej prevládajú osnovné väzbové body.

Útková väzba

- väzba, v ktorej prevládajú útkové väzbové body.

Obojstranná väzba

- väzba s rovnakým počtom osnovných a útkových nití.

Väzbový bod

- každé prekríženie osnovnej a útkovej nite.

Osnovný väzbový bod

- vzniká ak je osnovná niť nad útkovou.

Útkový väzbový bod

- útková niť leží nad osnovnou.

Dostava osnovy a útku

- udáva počet nití 1 cm (do, du) poprípade počet nití na 10 cm(Do,Du).

Strieda väzby

- previazanie určitého počtu osnovných a útkových nití, ktoré sa pravidelne opakuje.

2.3.2 Väzby tkanín

Základné väzby sú najjednoduchšie väzby, ktoré sa uplatňujú v tkaninách samostatne alebo tvoria základ pre odvodené a iné zložitejšie väzby.

Rozlišujeme tri druhy základných väzieb:

- väzba plátňová,
- väzba keprová,
- väzba atlasová.

Od základných väzieb vznikla rada odvodených väzieb, ktoré dodávajú tkanine odlišnú štruktúru i iné vzorovanie [8].

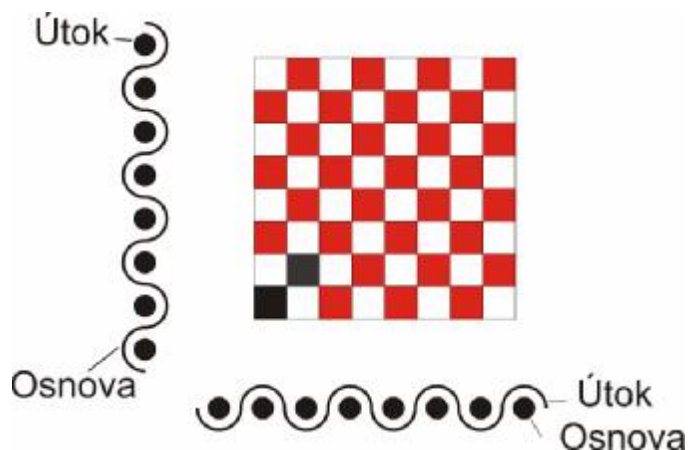
2.3.2.1 Plátnová väzba

Plátnová väzba je najjednoduchšia a najpoužívanejšia väzba. Vytvára najhustejšie previazanie tkaniny tak, že na každej osnovej a útkovej niti sa pravidelne strieda väzbový od osnovný a jeden väzbový bod útkový. Plátnová väzba je obojstranná, jej husté previazanie zaisťuje dobré zaplnenie tkaniny oboma sústavami nití. Vyžaduje najmenšiu dostavu, má najnižšiu spotrebu materiálu, čo je výhodné pre výrobcov, spoločnosť i spotrebiteľov. Pripravujeme menšie množstvo materiálu, zatkávame menší počet útkov, náklady na výrobu sú z hľadiska materiálu nižšie. Výrobok je ľahší, ľahko sa nosí, vyžaduje menší ukladací priestor, pranie je úspornejšie a tiež cena je nižšia.

Tkaniny s plátnovou väzbou sa používajú na osobné a ložné prádlo, na šatové a oblekové tkaniny, bytové textilie, módne doplnky a tiež technické výrobky. Plátnové tkaniny sa vyskytujú pod radou obchodných názvov, napr.: popelín, sypkovina, taft, tuženka, žoržet.

Plátnová väzba má v striede dve osnovné a dve útkové nite. Každá nepravidelnosť v hrúbke nití a i nepresnosť v tkacom procese sa výrazne prejaví na zhoršení akosti tkaniny. Preto príprava materiálu nastavenie tkacieho stroja vyžaduje maximálnu presnosť.

Plátnová tkanina má obojstrannú väzbu, ale každá tkanina má líc a rub. Plátnové tkaniny tkáme lícom dole a dbáme na správne nastavenie tkacieho stroja.



Obr.18 Plátno

Nežiaducim javom u plátnových väzieb je tzv. "párkovanie osnovných nití", čím vzniká nekludný, nerovnomerný vzhľad tkaniny. Párkovanie nití obmedzujeme zvýšením polohy osnovnej svorky, skrátením rázu, použitím dvojniťového kríža a poprípadne i trojniťový návod do paprsku pre použitie 4 listov.

Pri použití rovnakého smeru zákrutu v osnove aj útku sa na tkanine javí výraznejšími väzbovými bodmi, tkanina má vyššiu nasiakavosť, drsnejší omak a nerovnomernosti v hrúbke nití sú potlačené. Pri kombinácii S a Z zákrutu je tkanina celistvejšia, hladšia, uzavretejšia, ale nepravidelnosti v hrúbke nití sú výraznejšie.

Ďalší podstatný vplyv na vzhľad tkaniny má pomer dostavy osnovy a útku. Pri rovnakej alebo málo zvýšenej dostave osnovy oproti útku sa na vzhľade tkaniny podieľajú obe sústavy nití. Osnovné nite na líci i rube prekrývajú útkovú sústavu, na tkanine vznikne jemné priečne vrúbkovanie ripsového charakteru. Pre výrobu je takáto konštrukcia tkaniny výhodná.

2.3.2.2 Odvodeniny plátnovej väzby

Odvodeniny plátnovej väzby vznikajú rozšírením väzbových bodov na viac osnovných alebo útkových nití (ripsy) alebo súčasne v smere po osnove i po útku (panama). Vzniknú tak nové druhy tkanín s odlišnými vlastnosťami. Odvodené plátnové väzby sú väzby obojstranné. Vyžadujú mierne zvýšenú dostavu než väzba plátnová.

Ripsové väzby

Ripsové väzby majú jemné vrúbkovanie a vznikajú rozšírením väzbových bodov jedným smerom, teda buď po osnove alebo po útku. Podľa smeru vrúbkového efektu delíme ripsové väzby na:

- priečne ripsy,
- pozdĺžne ripsy,
- šikmé ripsy,
- vzorované ripsy.

Panamové väzby

Panamová väzba rozširuje plátňové väzbové body v pozdĺžnom i priečnom smere. Tkaniny sú mäkšie, majú väčšiu savosť, ale vyžadujú väčšiu dostavu než plátňové tkaniny z toho istého materiálu. Rozdelenie:

- pravidelná panamová väzba,
- nepravidelná panamová väzba,
- vzorovaná panamová väzba.

2.3.3 Plošná merná hmotnosť

§ jemnosť plošných textílií sa vyjadruje ich hmotnosťou na jednotku plochy, tzv. plošnou mernou hmotnosťou.

Stanovíme ju zo vzťahu:

kde, ρ_s plošná merná hmotnosť [kg/m²]

m hmotnosť odstrihu [kg] plošnej

$$\rho_s = \frac{m}{S} \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

textílie o ploche S [m²]

S plocha odstrihu plošnej textílie [m²]

3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Meranie ohybovej tuhosti zmesových tkanín bolo prevedené dvoma metódami, pomocou obrazovej analýzy a systému KES. Experiment bol prevádzaný na pätnástich vzorkách zmesových tkanín ba/POP s upínaciou dĺžkou 5 cm a šírkou 2 cm, utkaných v plátrovej väzbe s rôznou útkovou dostavou. Z každej tkaniny bolo skúmaných desať vzoriek po osnove a desať vzoriek po útku. U každého vzorku bola premeraná skutočná dostava po osnove a po útku.

3.1 Modifikovaná metóda Internej normy č. 22-201-01/01

3.1.1 Podstata skúšky

Podstatou skúšky je stanovenie výpočtového postupu a meranie ohybovej tuhosti tkaniny. Pre výpočet je nutné stanoviť mernú tiaž textílie $q[\text{Nm}^{-1}]$, jej dĺžku $l[\text{m}]$. Z tvaru priehybovej čiary potom:

- ťažisko ohybovej krivky x_c ,
- polohu konca A ohybovej krivky (súradnice x_0, w_0)

3.1.2 Použitý materiál

Súbor tkanín vyrobených v Spolsin s.r.o. Použitá priadza zmesová prstencová mykaná s jemnosťou 29,5 tex,

100% ba, 100% POP a v zmesových pomeroch:

65% ba/35% POP

50% ba/ 50% POP

35% ba/65% POP

Tkaniny neboli žiadnym spôsobom upravované.

Tabuľka č.1 Základné parametre tkanín

| Označenie tkaniny | | Dostava osnovy [1/10 cm] | | Dostava útku [1/10 cm] | | Plošná hmotnosť [g/m ²] |
|-------------------|----------|-----------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---|
| | | Strojová Do | Skutočná Do | Strojová Dú | Skutočná Dú | |
| 100 CO | Plátno 1 | 218 | 225 | 88 | 90 | 101,07 |
| | Plátno 2 | 218 | 235 | 210 | 225 | 143,46 |
| | Plátno 3 | 218 | 235 | 230 | 235 | 148,64 |
| 35 POP | Plátno 1 | 218 | 230 | 88 | 100 | 105,1 |
| | Plátno 2 | 218 | 235 | 170 | 195 | 143,4 |
| | Plátno 3 | 218 | 235 | 193 | 205 | 146,15 |
| 50 POP | Plátno 1 | 218 | 225 | 88 | 90 | 101,8 |
| | Plátno 2 | 218 | 230 | 170 | 185 | 141,1 |
| | Plátno 3 | 218 | 240 | 218 | 240 | 159,95 |
| 65 POP | Plátno 1 | 218 | 225 | 88 | 90 | 105,8 |
| | Plátno 2 | 218 | 235 | 170 | 185 | 149,65 |
| | Plátno 3 | 218 | 230 | 193 | 200 | 156,65 |
| 100 POP | Plátno 1 | 218 | 220 | 88 | 90 | 106,65 |
| | Plátno 2 | 218 | 230 | 170 | 185 | 140,8 |
| | Plátno 3 | 218 | 235 | 193 | 205 | 154,9 |

3.1.3 Použité zariadenie

K experimentu bol použitý:

- § systém obrazovej analýzy LUCIA G,
- § prípravok, v ktorom je tkanina na jednom konci vsadená a na druhom konci voľná,
- § PC so softwarom prevádzajúcim výpočet ohybovej tuhosti.

3.1.4 Postup merania

3.1.4.1 Príprava snímacieho zariadenia

- § nastavenie a uloženie kamery pre snímanie jednotlivých vzorkov tkanín.

3.1.4.2 Príprava preparátu

- § upevnenie vzorku tkaniny do čeľustí s určenou upínacou dĺžkou.

3.1.4.3 *Príprava softwareovej obrazovej analýzy*

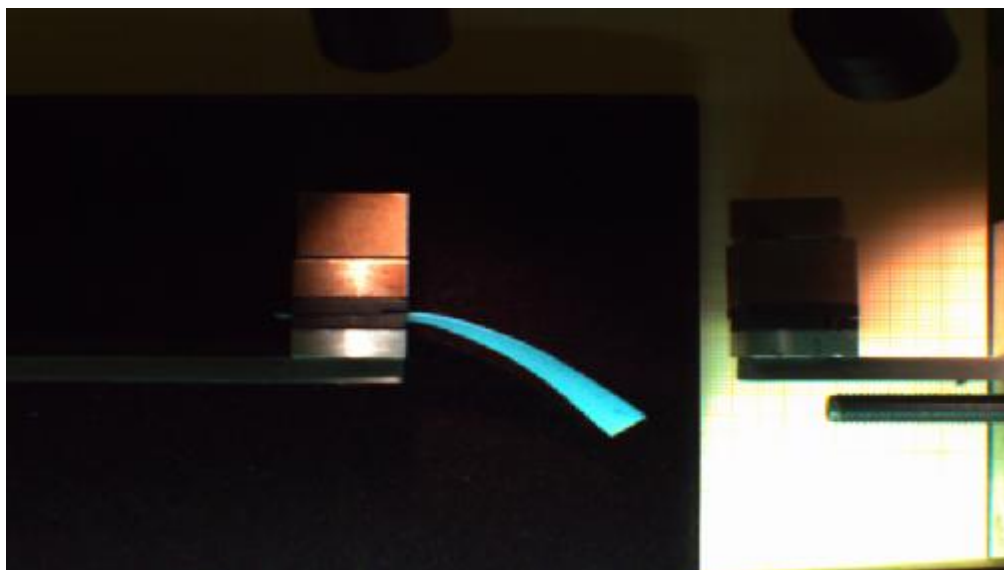
- § makroprojekcia pohľadu na skúmaný vzorok,
- § zaostrenie skúmaného vzorku,
- § nastavenie kontrastu kamery a veľkosti osvetlenia.

3.1.4.4 *Snímanie obrazov*

- § digitalizácia živého obrazu,
- § uloženie tvaru ohýbaného vzorku tkaniny,
- § postup je opakovaný 10 krát po osnove a 10 krát po útku z každého vzorku tkaniny.

3.1.4.5 *Program pre stanovenie ohybovej tuhosti tkanín*

- § výpočet ohybovej tuhosti sa prevádzal v Matlabe,
- § otvorenie a spustenie programu na stanovenie ohybovej tuhosti tkanín,
- § zadanie vstupných údajov (upínacia dĺžka vzorku tkaniny v prípravku, plošná merná hmotnosť),
- § vymedzenie tvaru ohybovej krivky pre výpočet ťažiska danej krivky,
- § postup výpočtu ohybovej tuhosti previesť pre každý snímok tvaru ohybovej
- § čiary s danou upínacou dĺžkou.



Obr.č.19 Zobrazenie snímku snímaného pomocou software LUCIA

Input Parameters

File Under Analysis

Length m

Tex m

Compute

Obr.č.20 Zobrazenie vstupných dát programu pre stanovenie ohybovej tuhosti tkanín

3.2 Vyhodnotenie výsledkov

Namerané hodnoty boli štatisticky spracované a sú uvedené v tabuľke č.2 a tabuľke č.3.

Štatistické spracovanie bolo prevedené pomocou programu QCExpert.

Tabuľka č.2 Hodnoty ohybovej tuhosti v smere osnovy

| Označenie tkanín | | \bar{B} [mNmm ²] | 95% IS [mNmm ²] | s [mNmm ²] | ν [%] |
|------------------|------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------|
| 100 C0 | P88 | 1195,55 | <846,17; 1544,93 > | 293,64 | 24,56 |
| | P210 | 1187,69 | <1018,62; 1356,76> | 265,71 | 22,37 |
| | P230 | 734,4 | <568,62; 900,18> | 219,99 | 29,96 |
| 35 POP | P88 | 1471,51 | <1185,92; 1757,1> | 271,14 | 18,42 |
| | P170 | 806,46 | <572,55; 1040,37> | 214,92 | 26,65 |
| | P193 | 567,81 | <461,18; 674,45> | 133,04 | 23,43 |
| 50 POP | P88 | 1012,73 | <837,88; 1187,58> | 192,77 | 19,03 |
| | P170 | 851,14 | <762,5; 939,79> | 115,42 | 13,56 |
| | P218 | 688,87 | <623,48; 754,27> | 103,95 | 15,09 |
| 65 POP | P88 | 642,86 | <547,43; 738,29> | 131,22 | 20,41 |
| | P170 | 282,81 | <250,48; 315,14> | 50,71 | 17,93 |
| | P193 | 83,49 | <58,09; 108,89> | 23,46 | 28,1 |
| 100 POP | P88 | 754,80 | <640,68; 868,93> | 150,83 | 19,98 |
| | P170 | 698,70 | <572,32; 825,07> | 123,18 | 12,72 |
| | P193 | 273,85 | <180,61; 367,08> | 94,59 | 34,54 |

Tabuľka č.3 Hodnoty ohybovej tuhosti v smere útku

| Označenie tkanín | | \bar{B} [mNmm ²] | 95% IS [mNmm ²] | s [mNmm ²] | ν [%] |
|------------------|------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------|
| 100 C0 | P88 | 23,10 | <18,85; 27,36> | 10,73 | 46,44 |
| | P210 | 218,82 | <197,88; 239,76> | 34,48 | 15,76 |
| | P230 | 160,96 | <136,53; 185,39> | 25,835 | 16,05 |
| 35 POP | P88 | 9,25 | <7,24; 11,25> | 2,15 | 23,243 |
| | P170 | 173,64 | <135,6; 211,68> | 41,69 | 24,01 |
| | P193 | 129,98 | <111,21; 148,76> | 27,07 | 20,83 |
| 50 POP | P88 | 6,65 | <4,73; 8,56> | 1,55 | 23,36 |
| | P170 | 109,10 | <96,96; 121,24> | 18,92 | 17,34 |
| | P218 | 463,66 | <351,81; 575,52> | 125,94 | 27,16 |
| 65 POP | P88 | 3,06 | <1,4; 4,71> | 1,97 | 64,33 |
| | P170 | 164,94 | <116,09; 213,78> | 48,91 | 29,66 |
| | P193 | 46,79 | <32,13; 61,46> | 24,50 | 52,35 |
| 100 POP | P88 | 8,36 | <1,99; 14,73> | 5,61 | 67,15 |
| | P170 | 495,60 | <453,35; 537,84> | 90,45 | 18,25 |
| | P193 | 495,93 | <362,36; 629,49> | 136,82 | 27,59 |

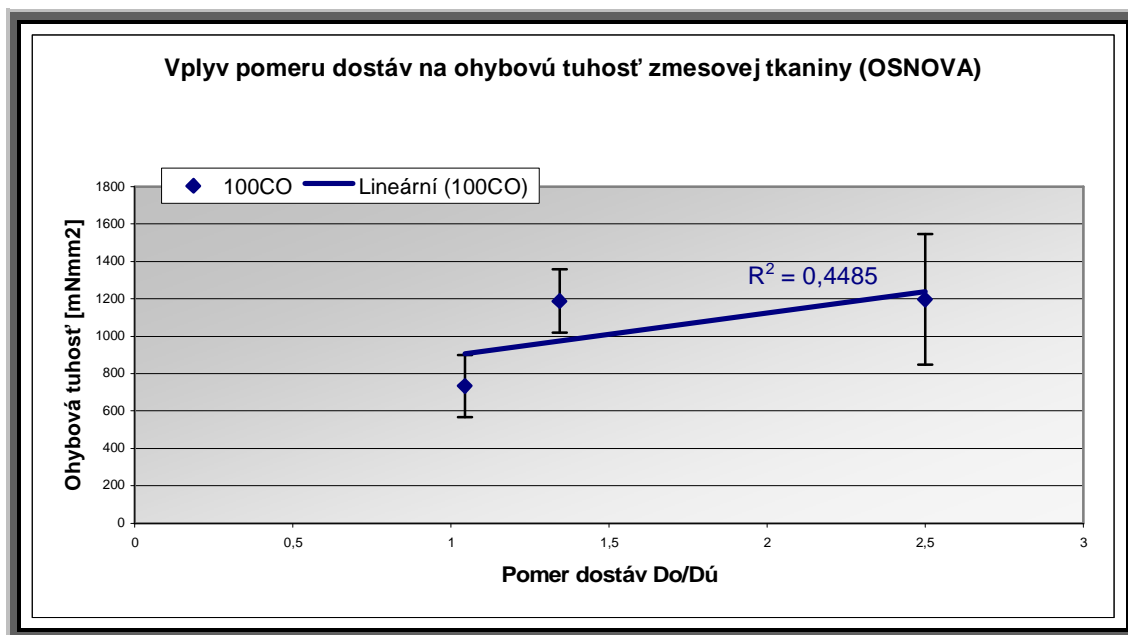
3.2.1 Stanovenie vplyvu pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesových tkanín

Bol sledovaný vplyv zmeny útkovej dostavy na ohybovú tuhosť tkanín. Závislosť ohybovej tuhosti na pomere dostáv je znázornená v grafoch č. 1 – 12. V tabuľke č.4 je uvedený pomer dostáv a hodnoty ohybovej tuhosti v smere osnovy a útku jednotlivých tkanín.

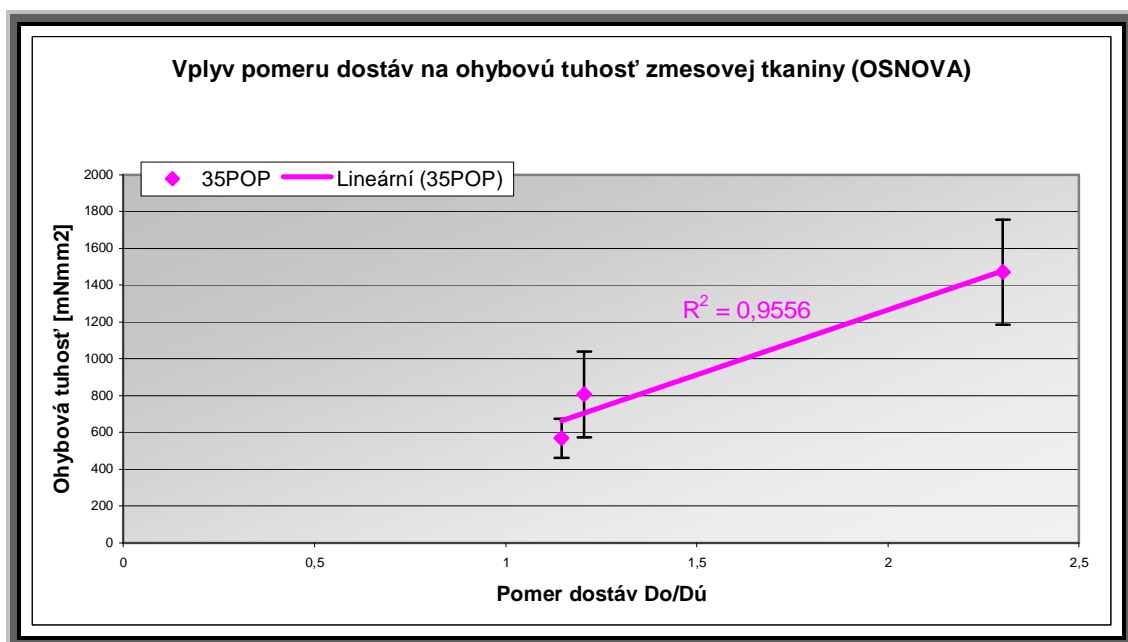
Tabuľka č.4 Hodnoty pre stanovenie ohybovej tuhosti v závislosti na pomere dostáv

| Označenie tkanín | | Do/Dú [1/10 cm] | Ohybová tuhosť po osnove [mNmm ²] | Ohybová tuhosť po útku [mNmm ²] |
|------------------|-------------|--------------------|--|--|
| 100 CO | P88 | 2,5 | 1195,55 | 23,10 |
| | P210 | 1,34 | 1187,69 | 218,82 |
| | P230 | 1,04 | 734,40 | 160,96 |
| 35 POP | P88 | 2,3 | 1471,51 | 9,25 |
| | P170 | 1,21 | 806,46 | 173,64 |
| | P193 | 1,15 | 567,81 | 129,98 |
| 50 POP | P88 | 2,5 | 1012,73 | 6,65 |
| | P170 | 1,24 | 851,14 | 109,10 |
| | P218 | 1 | 688,87 | 463,66 |
| 65 POP | P88 | 2,5 | 642,86 | 3,06 |
| | P170 | 1,27 | 282,81 | 164,94 |
| | P193 | 1,15 | 83,49 | 46,79 |
| 100 POP | P88 | 2,44 | 754,80 | 495,93 |
| | P170 | 1,24 | 698,70 | 495,60 |
| | P193 | 1,15 | 273,85 | 8,36 |

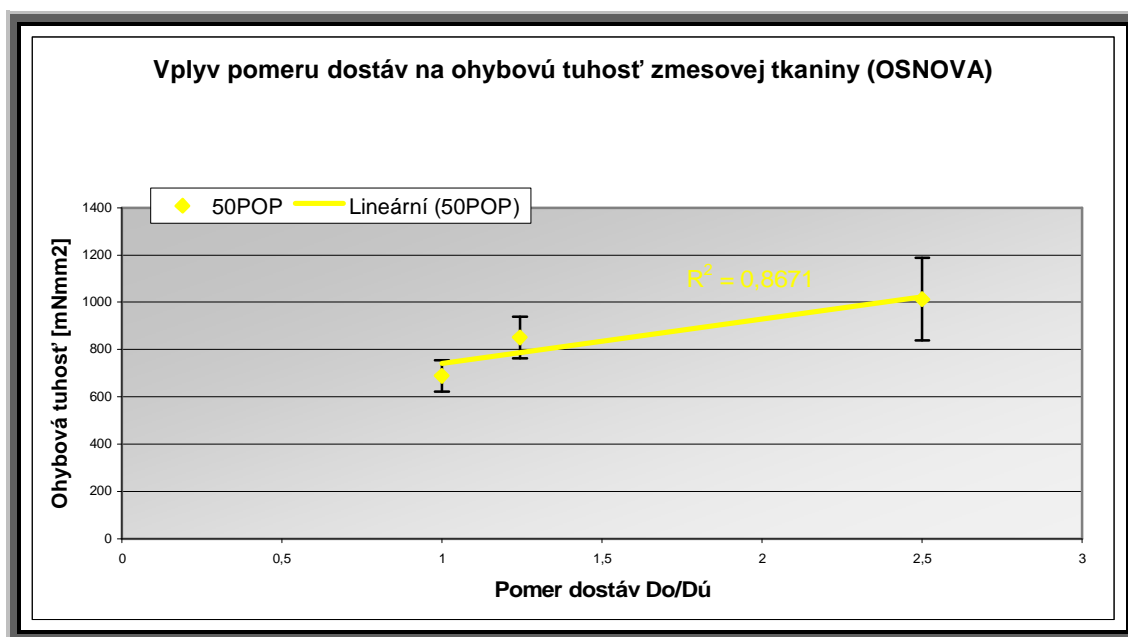
Označenie tkanín: P88.....Tkaniny s dostavou útku Dú = 88 nití/10 cm,
P170....Tkaniny s dostavou útku Dú = 170 nití/10 cm,
P193....Tkaniny s dostavou útku Dú = 193 nití/10 cm,
P193....Tkaniny s dostavou útku Dú = 210 nití/10 cm,
P193....Tkaniny s dostavou útku Dú = 218 nití/10 cm,
P193....Tkaniny s dostavou útku Dú = 230 nití/10 cm.



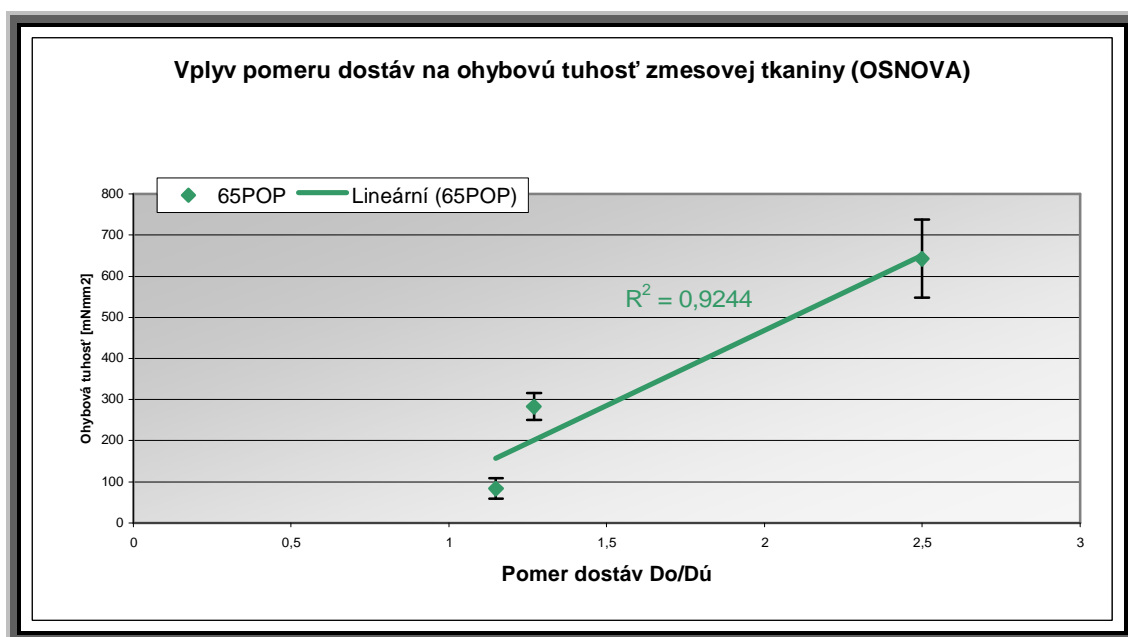
Graf č.1 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v osnovnom smere u 100 CO.



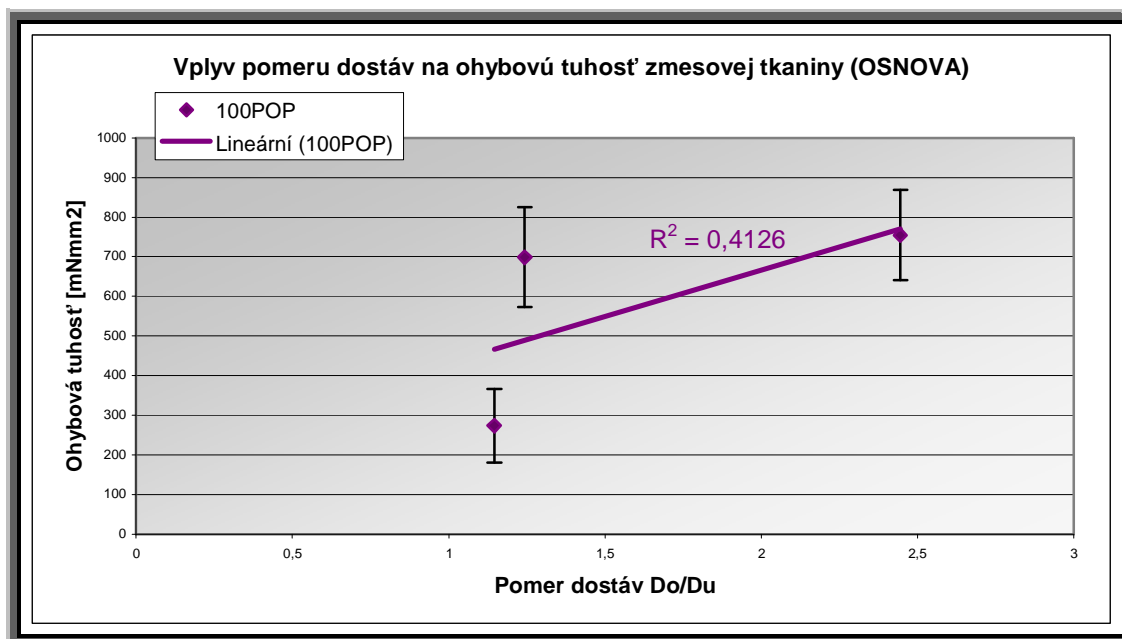
Graf č.2 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v osnovnom smere u 35 POP



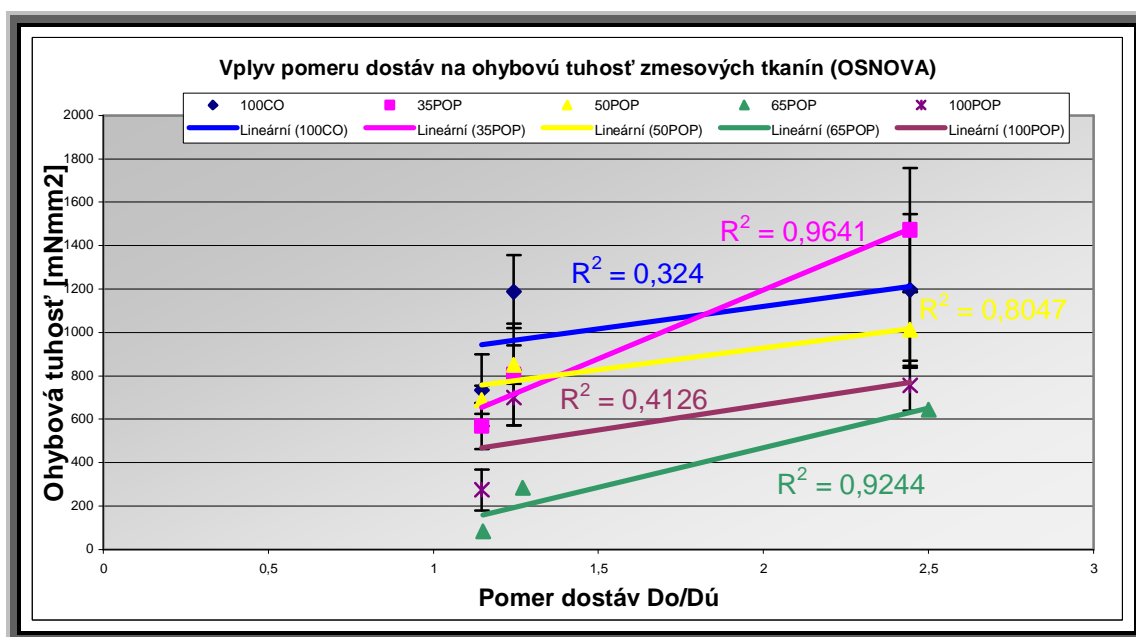
Graf č.3 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v osnovnom smere u 50 POP.



Graf č.4 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v osnovnom smere u 65 POP



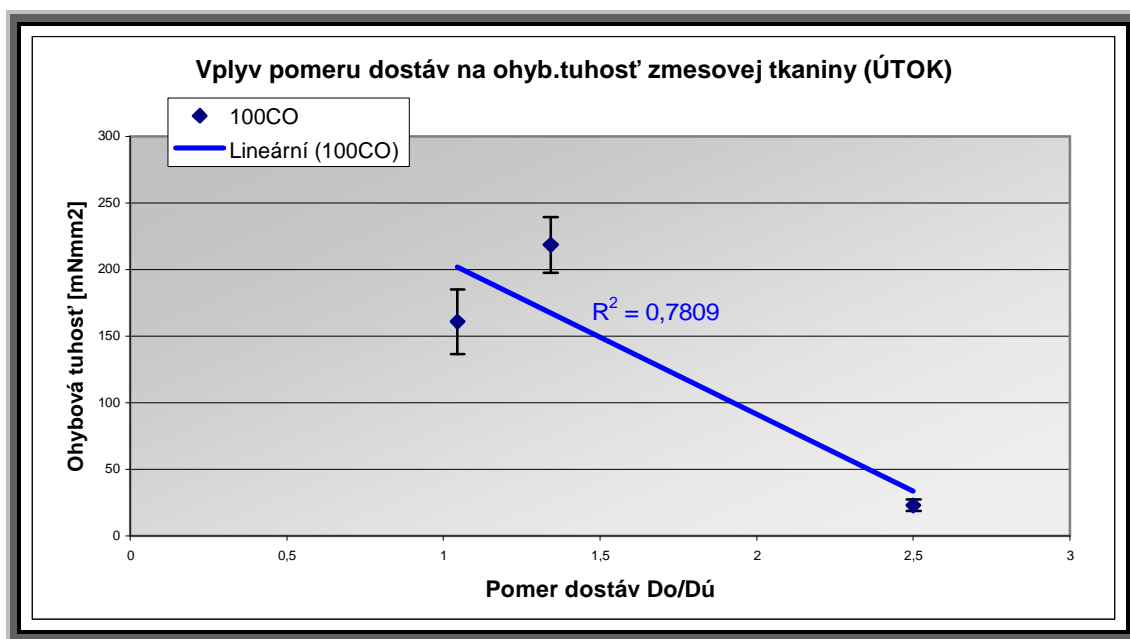
Graf č.5 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v osnovnom smere u 100 POP.



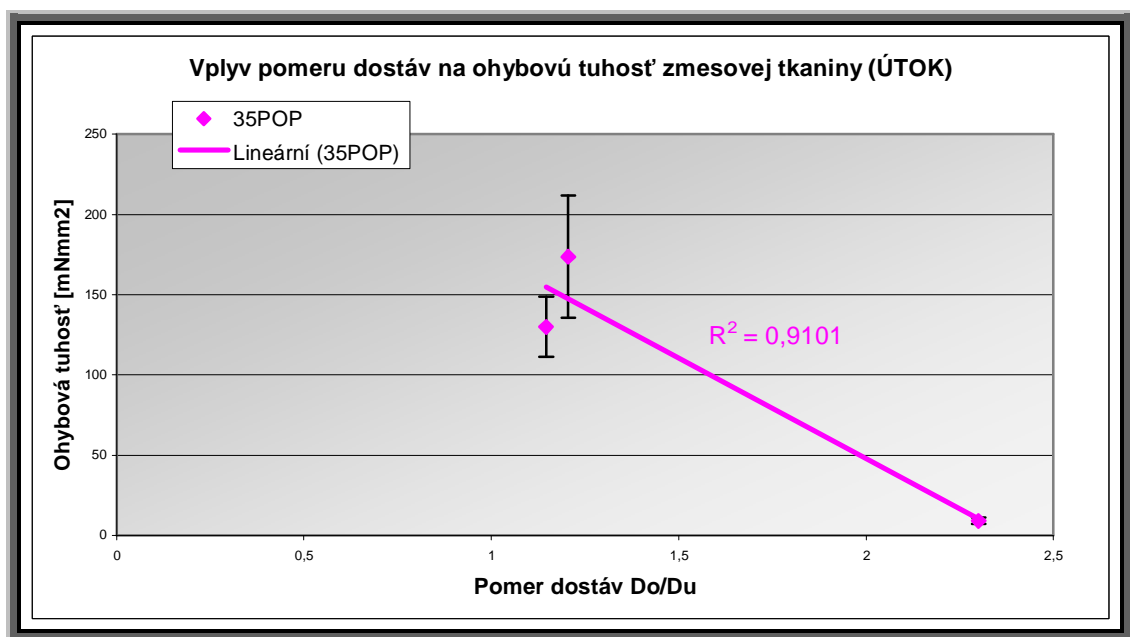
Grafu č.6 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesových tkanín v osnovnom smere.

Diskusia: Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť jednotlivých zmesových tkanín v smere osnovy je vyneseny do grafu č.6.

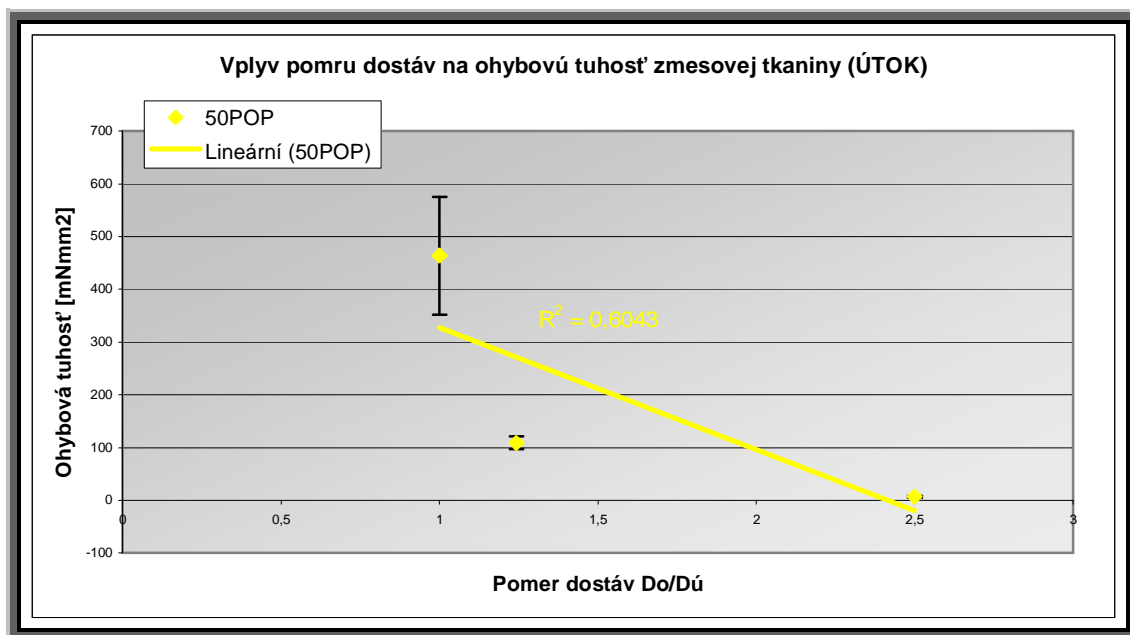
Z grafu č.6 vyplýva, že s rastúcou dostavou útku sa ohybová tuhosť tkaniny po osnove zmenšuje (klesá). Zvyšovaním útkovej dostavy na šírke vzorku sa zvyšuje hmotnosť útkových nití, počet osnovných nití zostáva rovnaký, preto osnovné nite nedokážu udržať útkové nite, nastáva väčšie ohýbanie osnovných nití a tým sa zmenšuje ohybová tuhosť osnovných nití.



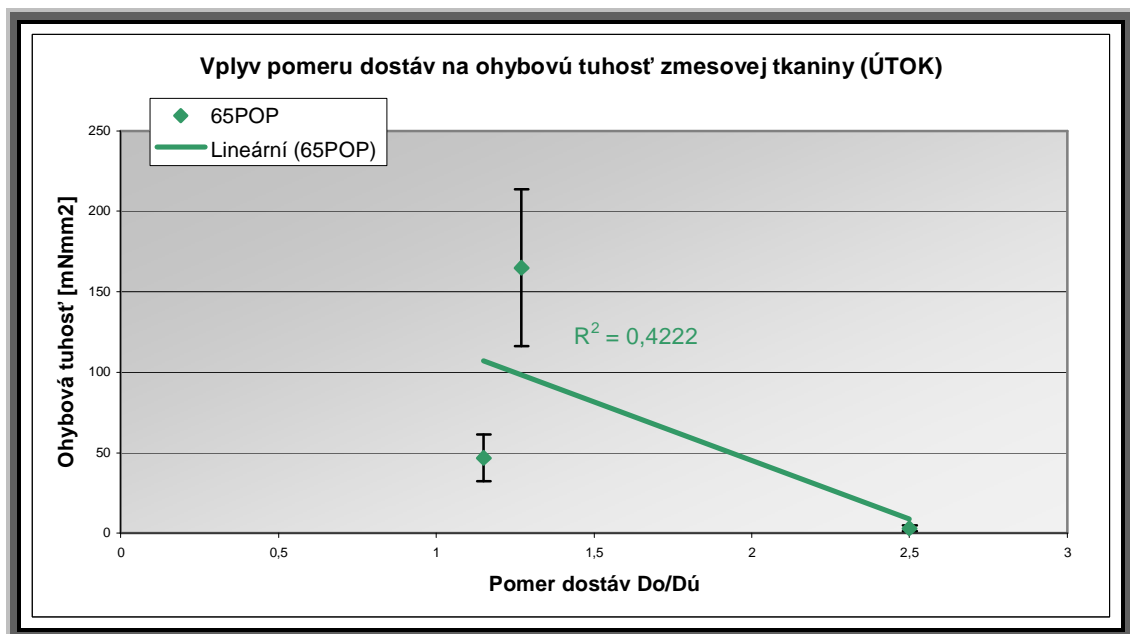
Graf č.7 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v útkovom smere u 100 CO



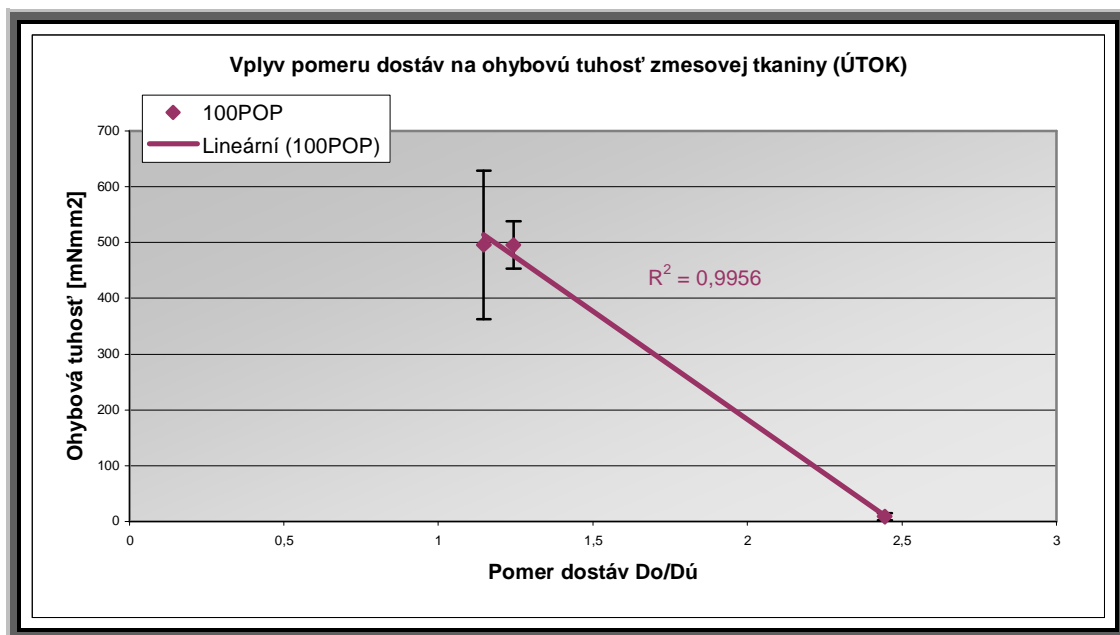
Graf č.8 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v útkovom smere u 35 POP



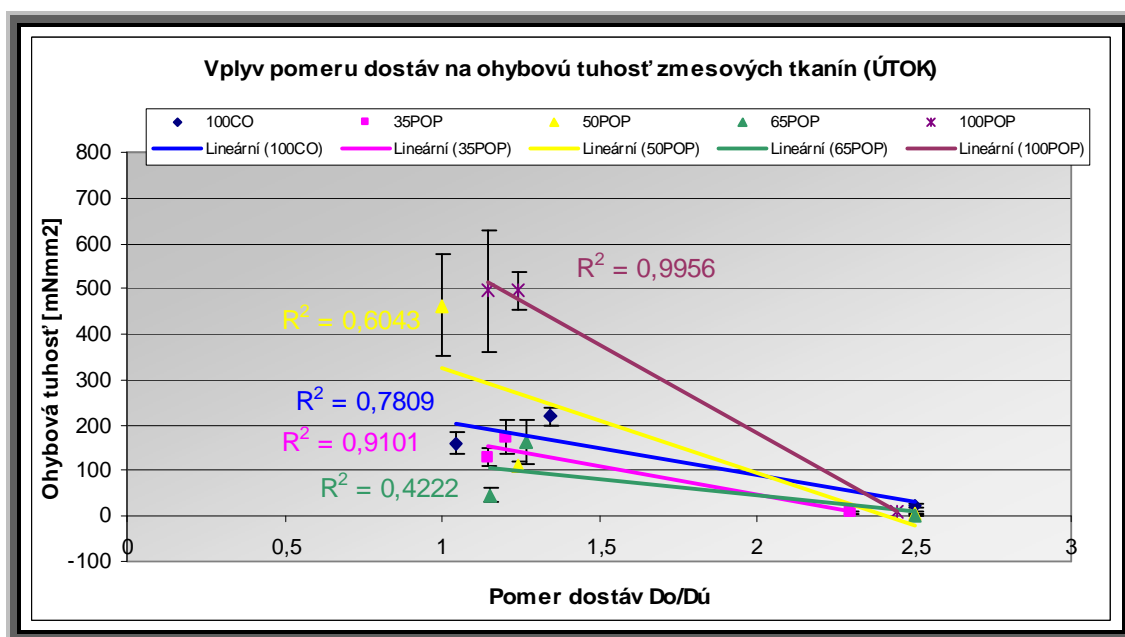
Graf č.9 Vplyv pomru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v útkovom smere u 50 POP



Graf č.10 Vplyv pomru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v útkovom smere u 65 POP



Graf č.11 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesovej tkaniny v útkovom smere u 100 POP



Graf č.12 Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť zmesových tkanín v útkovom smere.

Diskusia:

Vplyv pomeru dostáv na ohybovú tuhosť jednotlivých zmesových tkanín v smere útku je vyneseny do grafu č.12.

Z grafu č.12 vyplýva, že ohybová tuhosť po útku rastie s rastúcou dostavou útku. Malý počet útkových nití nedokáže udržať osnovné nite vo vysokej polohe, lebo sú ťažšie, čo u bavlny spôsobuje šlichta a u POP polep. Teda väčší počet útkových nití dokáže udržať osnovné nite vo vyššej polohe. U 100 POP bola nameraná najväčšia ohybová tuhosť, predpokladáme, že osnovné nite POP nemajú tak vysoké percento polepu, teda nie sú až také ťažké ako nite ošlichtované.

3.2.2 Stanovenie vplyvu objemového podielu na ohybovú tuhosť zmesových tkanín

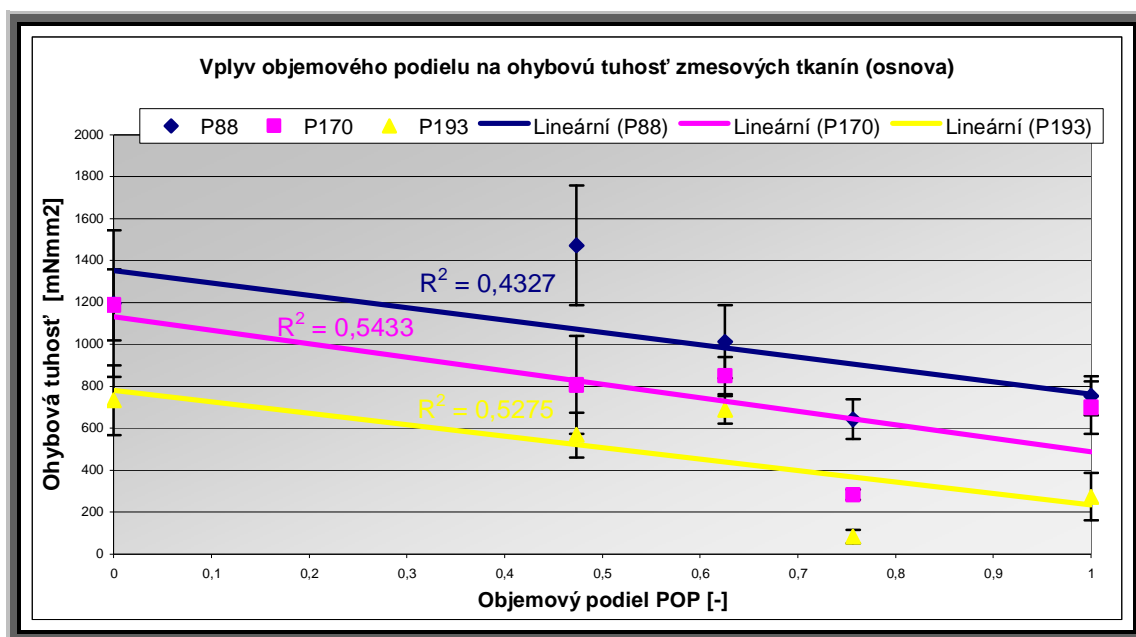
Ďalej bol sledovaný vplyv zmesovania na ohybovú tuhosť tkanín prostredníctvom objemového podielu POP. Závislosť objemového podielu POP je znázornená na grafoch č.1 a č.2. V tabuľke sú uvedené hodnoty objemového podielu a nameranej ohybovej tuhosti v smere osnovy tabuľka č.5, v smere útku tabuľka č.6.

Tabuľka č.5 Hodnoty pre stanovenie vplyvu objemového podielu POP na ohybovú tuhosť v smere osnovy

| | | Ohybová tuhosť v smere osnovy [mNmm ²] | | |
|---------|-----------------|--|---------|--------|
| | Objemový podiel | P88 | P170 | P193 |
| 100 CO | 0 | 1195,55 | 1187,69 | 734,40 |
| 35 POP | 0,47 | 1471,51 | 806,46 | 567,81 |
| 50 POP | 0,63 | 1012,73 | 851,14 | 688,87 |
| 65 POP | 0,76 | 642,86 | 282,81 | 83,49 |
| 100 POP | 1 | 754,80 | 698,70 | 273,85 |

Tabuľka č.6 Hodnoty pre stanovenie vplyvu objemového podielu POP na ohybovú tuhosť v smere útku

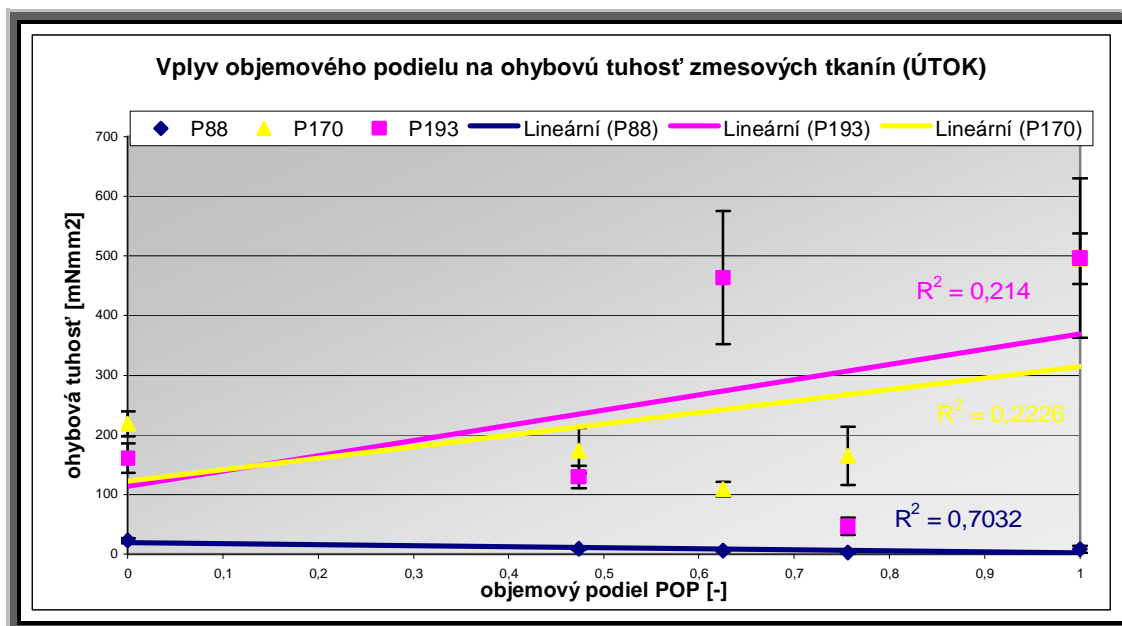
| | | Ohybová tuhosť v smere útku [mNmm ²] | | |
|---------|-----------------|--|--------|--------|
| | Objemový podiel | P88 | P170 | P193 |
| 100 CO | 0 | 23,10 | 218,82 | 160,96 |
| 35 POP | 0,47 | 9,25 | 173,64 | 129,98 |
| 50 POP | 0,63 | 6,65 | 109,10 | 463,66 |
| 65 POP | 0,76 | 3,06 | 164,94 | 46,79 |
| 100 POP | 1 | 8,36 | 495,60 | 495,93 |



Graf č.13 Vplyv objemového podielu POP na ohybovú tuhosť zmesových tkanín po osnove

Diskusia: Z grafu č.13 je vidieť, že ohybová tuhosť po osnove s rastúcim objemovým podielom POP klesá, prejavuje sa tu vplyv šlichty na osnovných nitiach. U bavlny sa osnovné nite šlichtujú, teda sú pevnejšie a u POP predpokladáme, že nemá tak vysoké percento polepu a nite nemajú veľkú pevnosť a nedokážu udržať útkové nite v tak vysokej polohe ako ošlichtované nite.

V grafe č.13 je možné tiež pozorovať vplyv zmeny útkových dostáv. Najväčšiu ohybovú tuhosť majú tkaniny s $Dú = 88$ nití/10cm, kde je počet útkových nití malý, takže sa osnovné nite pod ich tiažou veľmi neprehnú.



Graf č.14 Vplyv objemového podielu POP na ohybovú tuhosť zmesových tkanín po útku

Diskusia: Z grafu č.14 je vidieť, že ohybová tuhosť po útku s rastúcim objemovým podielom POP rastie. Určitý vplyv bude mať šlichta na osnovných nitiach, tieto nite sú ťažké a spôsobujú väčšie ohýbanie útkových nití, preto aj ohybová tuhosť rastie s objemovým podielom POP. Najväčšiu ohybovú tuhosť po útku má 100 POP.

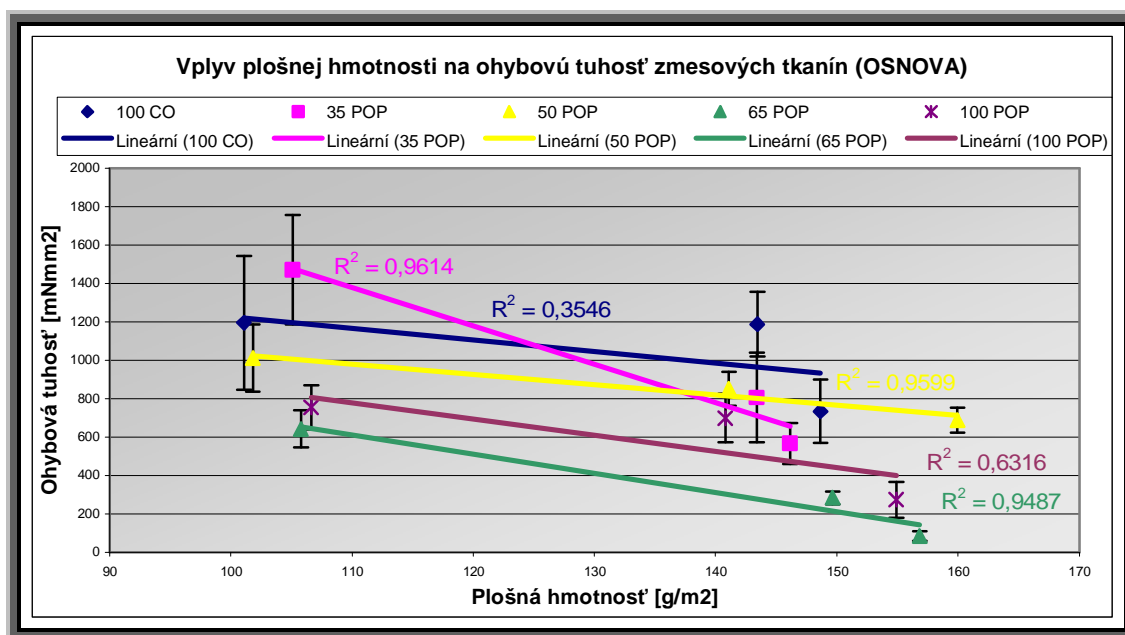
U tkanín s $Dú = 88$ nití/10cm ohybová tuhosť s rastúcim objemovým podielom POP mierne klesá, môže to byť spôsobené veľkou nerovnomernosťou tkanín, tým že sú veľmi riedke, alebo sa tu mohol prejaviť vplyv chemického zloženia.

3.2.3 Stanovenie vplyvu plošnej hmotnosti na ohybovú tuhosť zmesových tkanín

Ohybová tuhosť tkanín bola diskutovaná tiež vzhľadom k plošnej hmotnosti tkanín. Hodnoty plošnej hmotnosti a nameranej ohybovej tuhosti sú uvedené v tabuľke č.7. Vplyv plošnej hmotnosti je znázornený v grafoch č.15 a č.16.

Tabuľka č.7 Hodnoty na stanovenie vplyvu plošnej hmotnosti na ohybovú tuhosť tkaniny

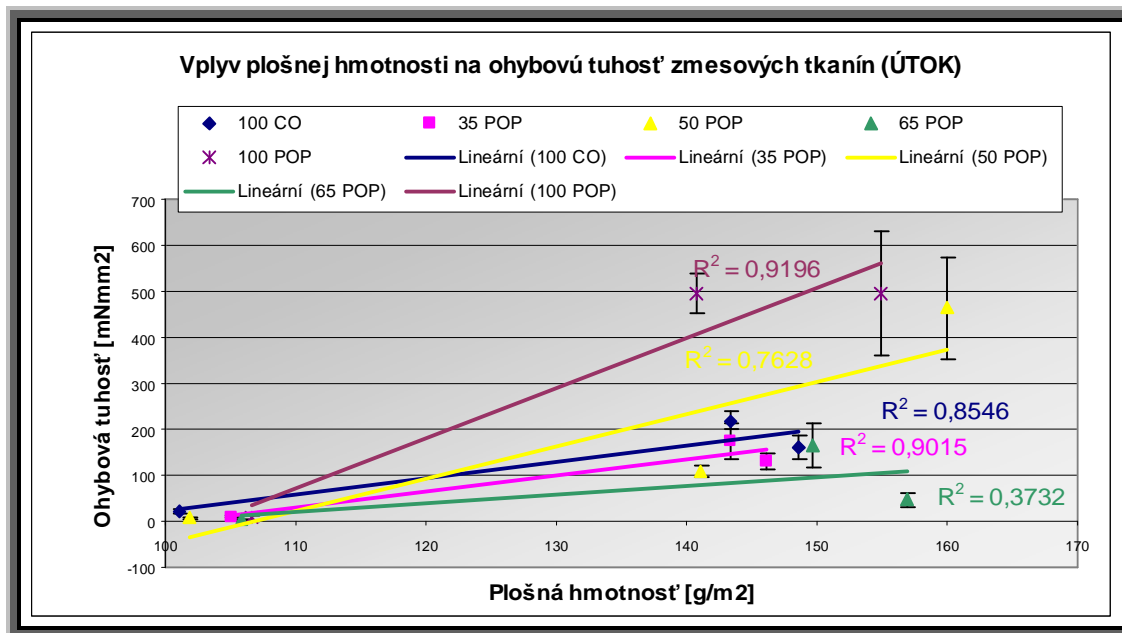
| Označenie | | Plošná hmotnosť [g/m ²] | Ohybová tuhosť po osnove [mNm ²] | Ohybová tuhosť po útku [mNm ²] |
|----------------|-------------|-------------------------------------|--|--|
| 100 CO | P88 | 101,07 | 1195,55 | 23,10 |
| | P210 | 143,46 | 1187,69 | 218,82 |
| | P230 | 148,64 | 734,40 | 160,96 |
| 35 POP | P88 | 105,1 | 1471,51 | 9,25 |
| | P170 | 143,4 | 806,46 | 173,64 |
| | P193 | 146,15 | 567,81 | 129,98 |
| 50 POP | P88 | 101,8 | 1012,73 | 6,65 |
| | P170 | 141,1 | 851,14 | 109,10 |
| | P218 | 159,95 | 688,87 | 463,66 |
| 65 POP | P88 | 105,8 | 642,86 | 3,06 |
| | P170 | 149,65 | 282,81 | 164,94 |
| | P193 | 156,65 | 83,49 | 46,79 |
| 100 POP | P88 | 106,65 | 754,80 | 495,93 |
| | P170 | 140,8 | 698,70 | 495,60 |
| | P193 | 154,9 | 273,85 | 8,36 |



Graf č.15 Vplyv plošnej hmotnosti tkaniny na ohybovú tuhosť v smere osnovy

Diskusia: Z grafu č.15 je vidieť vplyv plošnej hmotnosti tkaniny na ohybovú tuhosť v smere osnovy, ohybová tuhosť po osnove s rastúcou plošnou hmotnosťou klesá,

dochádza tu k zvyšovaniu hmotnosti tkaniny a teda aj k väčšiemu ohýbaniu nití a k menšej ohybovej tuhosti. Je tu vidieť rovnaký trend ako pri pomere dostáv.



Graf č.16 Vplyv plošnej hmotnosti na ohybovú tuhosť zmesových tkanín v smere útku

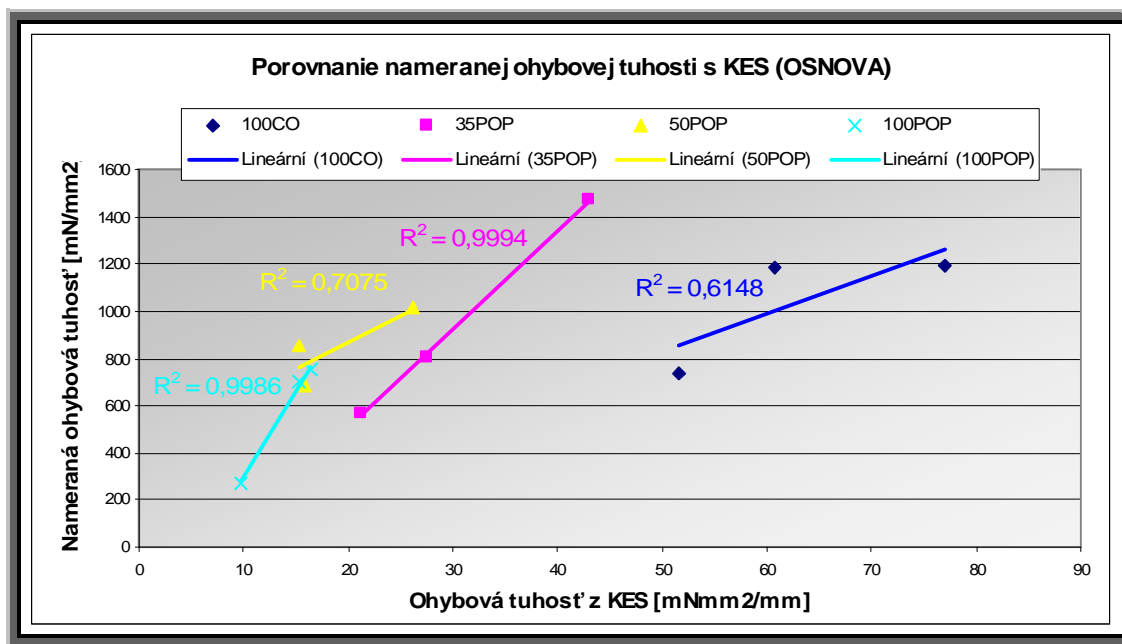
Diskusia: Z grafu č.16 je vidieť, že plošná hmotnosť má významný vplyv na ohybovú tuhosť po útku. Zvyšovaním plošnej hmotnosti tkaniny sa zvyšuje aj ohybová tuhosť po útku. Prejavuje sa tu vplyv tiaže. Predpokladáme u POP malé percento polepu, takže osnovné nite nie sú také ťažké ako nite u bavlny, ktoré majú šlichtu. Preto má najväčšiu ohybovú tuhosť po útku 100 POP, lebo má najmenšiu tiaž. Prejavuje sa tu rovnaký trend ako pri pomere dostáv.

3.2.4 Porovnanie ohybovej tuhosti nameranej pomocou obrazovej analýzy a systému KES

U tohoto súboru zmesových tkanín bola tiež meraná ohybová tuhosť na systéme KES. Hodnoty boli tiež štatisticky spracované a sú uvedené v tabuľke č.8. Obe metódy boli porovnané pomocou korelačných koeficientov a graficky. Grafické porovnanie ohybových tuhostí merané oboma metódami je znázornené v grafe č.17 a č.18.

Tabuľka č.8 Hodnoty ohybovej tuhosti namerané zo systému KES a obrazovej analýzy

| Označenie tkaniny | KAWABATA [mNmm ² /mm] | | OBBRAZOVÁ ANALÝZA [mNmm ²] | |
|-------------------|----------------------------------|--------|--|---------|
| | osnova | útok | osnova | útok |
| 100 CO | 77,055 | 2,39 | 1195,55 | 23,10 |
| | 60,705 | 6,695 | 1187,69 | 218,82 |
| | 51,53 | 11,895 | 734,39 | 160,96 |
| 35 POP | 43,04 | 2,57 | 1471,51 | 9,25 |
| | 27,465 | 9,235 | 806,46 | 173,64 |
| | 21,22 | 10,58 | 567,81 | 129,98 |
| 50 POP | 26,24 | 2 | 1012,73 | 6,65 |
| | 15,365 | 6,725 | 851,14 | 109,099 |
| | 15,935 | 12,615 | 688,87 | 463,66 |
| 100 POP | 16,38 | 2,09 | 754,80 | 8,36 |
| | 15,335 | 10,135 | 698,695 | 495,60 |
| | 9,655 | 14,11 | 273,845 | 495,93 |



Graf č.17 Porovnanie nameranej ohybovej tuhosti so systémom KES v smere osnovy.

Vypočítané párové korelačné koeficienty v smere osnovy:

100 CO: 0,78

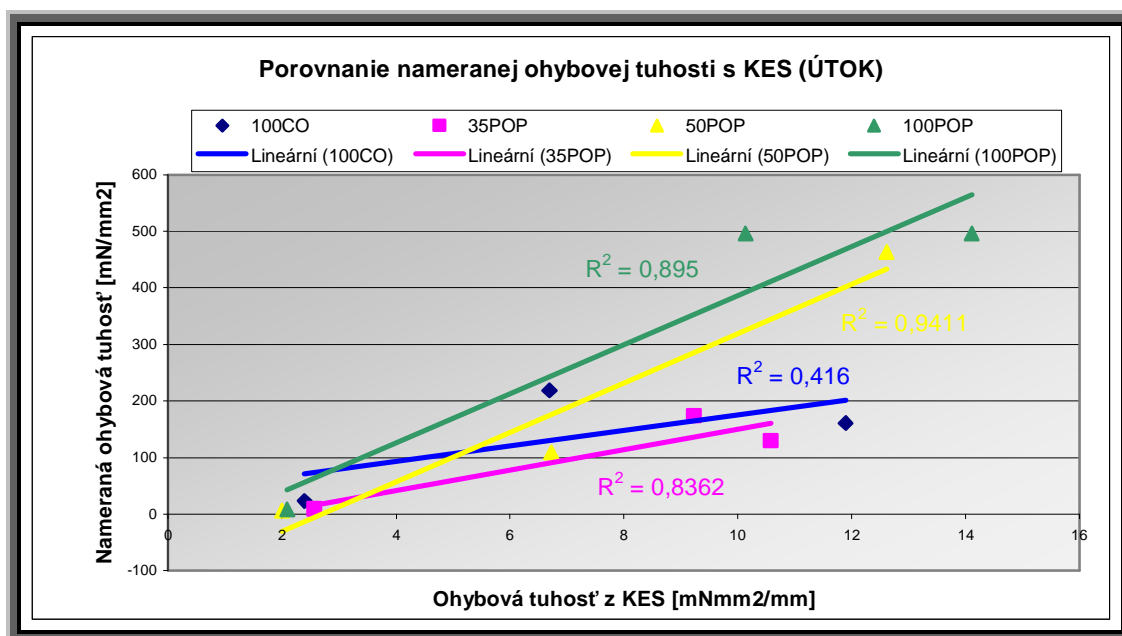
35 POP: 0,999

50 POP: 0,84

100 POP: 0,999

Diskusia: Vďaka vysokým korelačným koeficientom môžeme povedať, že existuje vysoká lineárna závislosť medzi nameranými hodnotami ohybovej tuhosti pomocou obrazovej analýzy a systému KES. Teda tieto hodnoty sú porovnateľné.

Z grafu č.17 je vidieť, že najväčšiu ohybovú tuhosť v smere osnovy má 100 CO a najmenšiu ohybovú tuhosť má 100 POP. Hodnota ohybovej tuhosti pre 65 POP zo systému KES, nebola nameraná.



Graf č.18 Porovnanie nameranej ohybovej tuhosti so systémom KES v smere útku.

Vypočítané párové korelačné koeficienty v smere útku:

100 CO: 0,645

35 POP: 0,916

50 POP: 0,97

100 POP: 0,946

Diskusia Z grafu č.18 je vidieť, že aj tu je lineárna závislosť vysoká a hodnoty sú porovnateľné.

Najväčšiu ohybovú tuhosť po útku má 100 POP, môžeme to vysvetliť tým, že nedochádza k takému veľkému ohýbaniu tkaniny ako u bavlny. Hodnota ohybovej tuhosti pre 65 POP zo systému KES, nebola nameraná.

3.3 Overenie správnosti pracovania programu ohyb

Správnosť výpočtu ohybovej tuhosti vypočítanej pomocou programu ohyb bola overená ručným výpočtom.

Rovnica (2.9) sa zjednoduší na závislosť (2.10), ktorá je zderivovaná na vzťah:

$$w'(x) = \frac{w_0 x_c}{x_c + x_0} \left[\frac{2x_c + x_0}{x_c} \left(1 - \frac{x}{x_0} \right)^{\frac{x_c + x_0}{x_c}} \left(-\frac{1}{x_0} \right) + \frac{2}{x_0} + \frac{1}{x_c} \right],$$

(3.1)

kde x_0 a w_0 sú súradnice koncového bodu a x_c je súradnica ťažiska ohybovej krivky.

Rovnica (3.1) je potrebná na dosadenie do vzťahu:

$$\int_0^{x_0} \frac{1}{l} \sqrt{1 + w'(x)^2} dx,$$

(3.2)

kde l je dĺžka vzorku.

Pre overenie správnosti výpočtu sa musí integrál (3.2) rovnať 1.

Hodnoty potrebné na výpočet vzťahu (3.2):

$$w_0 = 0,0243 \text{ m}$$

$$x_0 = 0,0426 \text{ m}$$

$$x_c = 0,0304 \text{ m}$$

$$l = 0,05 \text{ m.}$$

Dosadením týchto hodnôt do vzťahu (3.1) a následne do vzťahu (3.2) vyšiel výsledok 1.

Vďaka tomuto výpočtu a výsledku môžeme potvrdiť správnosť pracovania programu ohyb.

4. ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo vyjadriť vplyv zmesového pomeru priadze na ohybovú tuhosť tkaniny pomocou špeciálneho prípravku a obrazovej analýzy.

Podstatou metódy je stanovenie výpočtového postupu a meranie ohybovej tuhosti tkaniny. Z priehybovej čiary určiť ťažisko ohybovej krivky.

V teoretickej časti boli zhrnuté základné poznatky týkajúce sa ohybovej tuhosti a popísané metódy stanovenia ohybovej tuhosti.

V experimentálnej časti boli zistené závislosti ohybovej tuhosti na pomere dostáv, s rastúcou dostavou útku ohybová tuhosť po osnove klesá a po útku stúpa. V závislosti na plošnej hmotnosti a objemovom podiele bolo zistené, že objemový podiel POP a plošná hmotnosť majú vplyv na ohybovú tuhosť tkaniny.

Porovnaním ohybovej tuhosti nameranej obrazovou analýzou a ohybovej tuhosti so systému KES vyšla vysoká korelácia, vďaka tejto korelácii môžeme povedať, že medzi týmito dvoma metódami existuje lineárna závislosť, sú porovnateľné a vzájomne nahraditeľné.

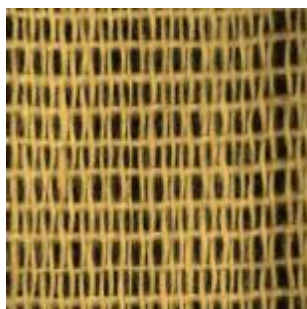
Ručným výpočtom bolo prevedené overenie správnosti výpočtu programu ohyb. Výsledok overenia vyšiel 1 to znamená, že program pracuje správne.

Použitá literatúra

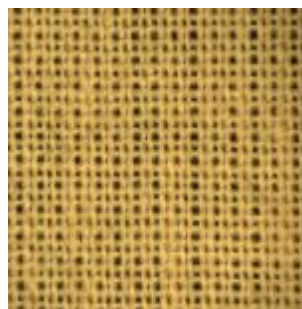
- [1] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech , díl I., část 4., Vlastnosti délkových textílií, TU Liberec 1988
- [2] Eeg – Olofsson, T.: A contribution to the experimental study of the bending properties of fabrics. London, Goteborg, A. Rydberg & Co. 1957
- [3] Stríž, B.: Mechanika textílií , část 2., Aplikace mechaniky kontinua, TU Liberec 2003
- [4] Kawabata, S.: The standartization and Analysis of Hand Evaluation, The Textile Machinery Society, Osaka, Japan 1980
- [5] User`s manual KES – FB system
- [6] Mevald, J., Fridrichová, L.: Průběžná zpráva k problematice ohyb textílií, VCT, 2004
- [7]http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/Emerald_FullTextArticle/Articles/0580100205.html
- [8] Bednář, V.- Svatoš, S.: Technologie tkalcovství, výroba tkanin, Praha 1984

PRÍLOHY

100 CO, Dú = 88 nití/10 cm



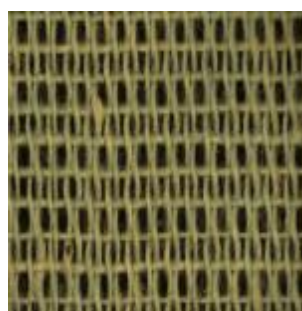
100 CO, Dú = 21 nití/10 cm



100 CO, Dú = 23 nití/10 cm



35 POP, Dú = 88 nití/10 cm



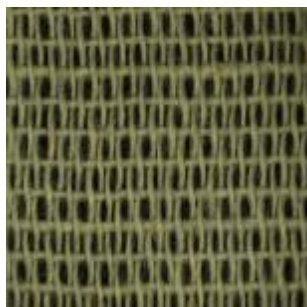
35 POP, Dú = 170 nití/10 cm



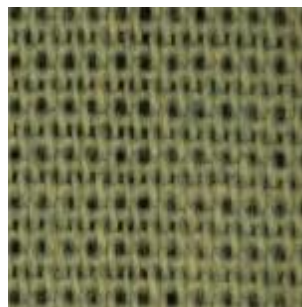
35 POP, Dú = 193 nití/10 cm



50 POP, Dú = 88 nití/10 cm



50 POP, Dú = 170 nití/10 cm



50 POP, Dú = 218 nití/10 cm



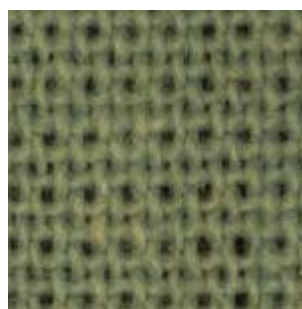
65 POP, Dú = 88 nití/10 cm



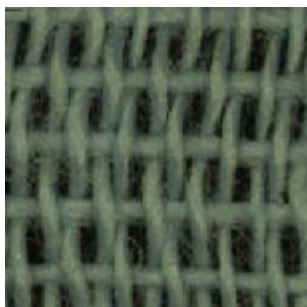
65 POP, Dú = 170 nití/10 cm



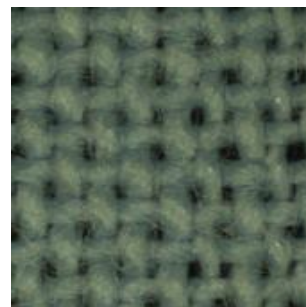
65 POP, Dú = 193 nití/10 cm



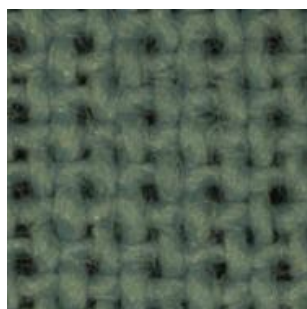
100 POP, Dú = 88 nití/10 cm



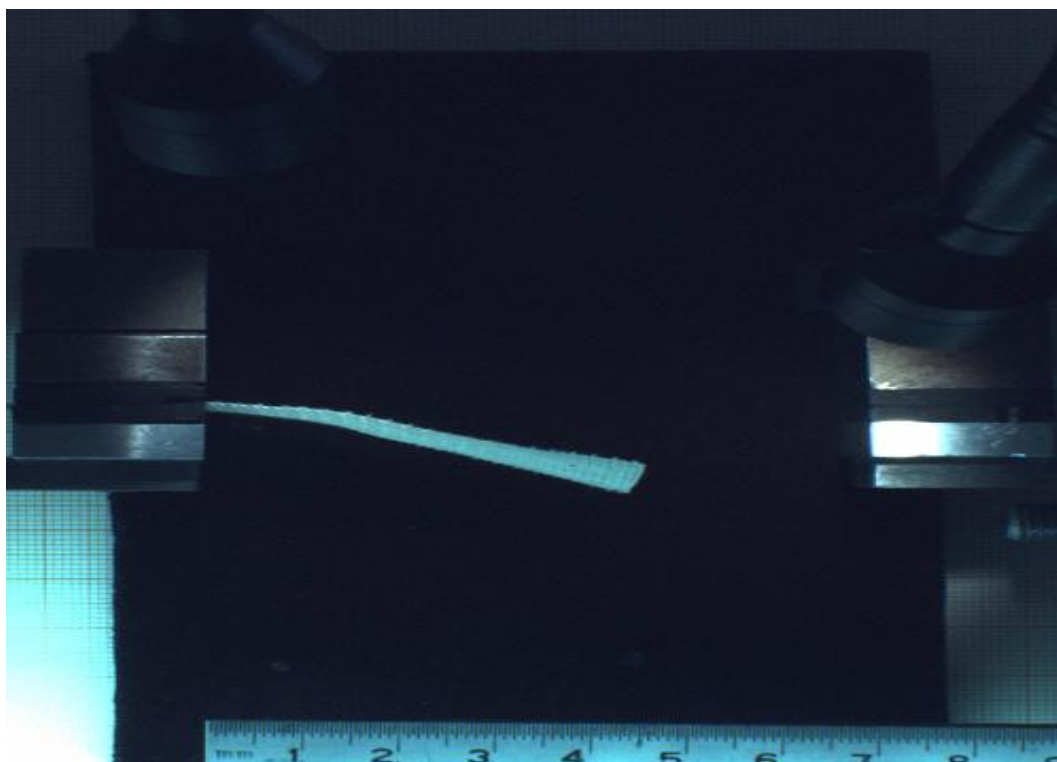
100 POP, Dú = 170 nití/10 cm



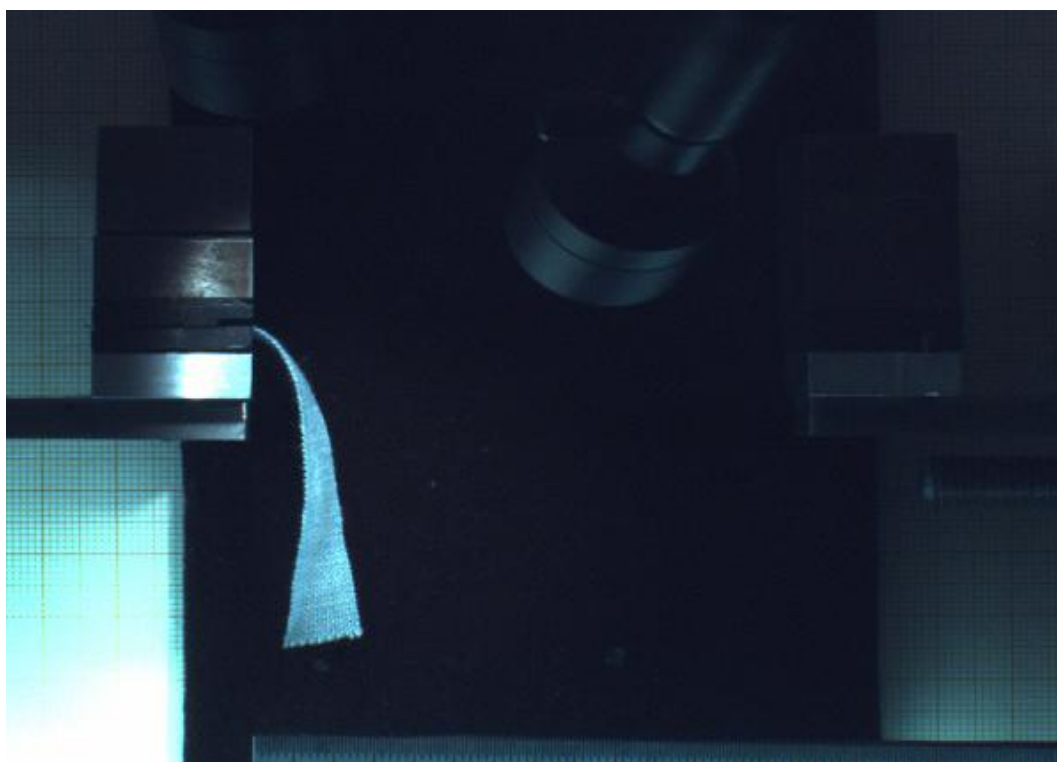
100 POP, Dú = 193 nití/10 cm



Príloha I

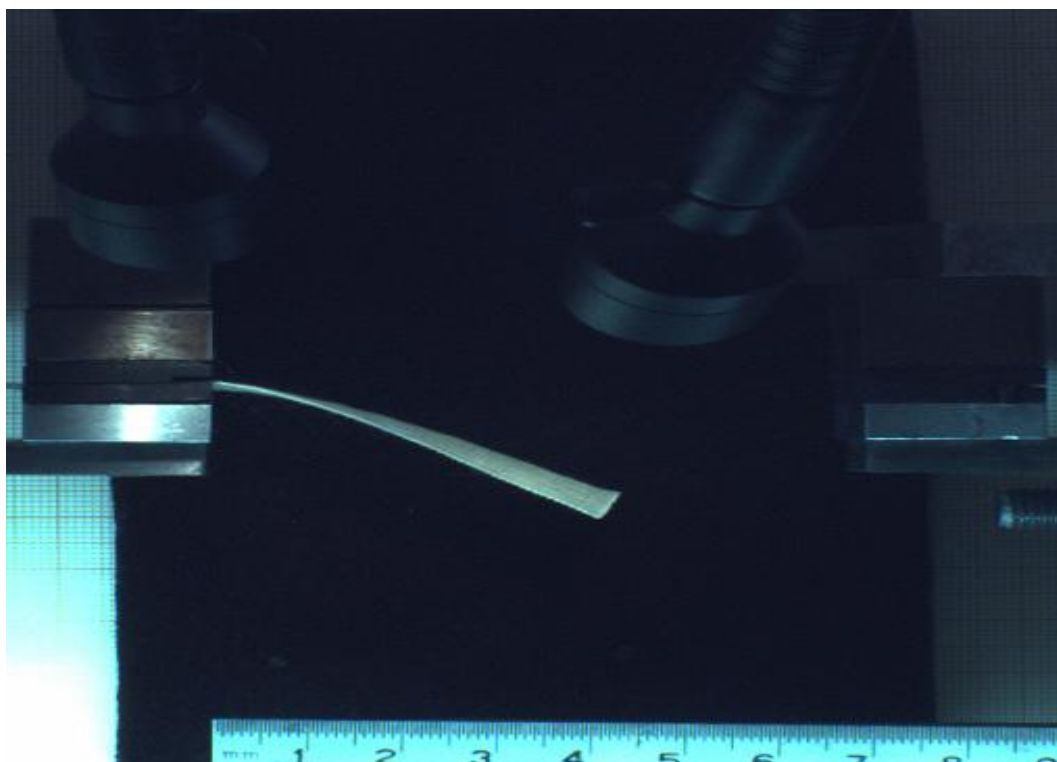


100 CO, Dú = 88 nití/10 cm, OSNOVA

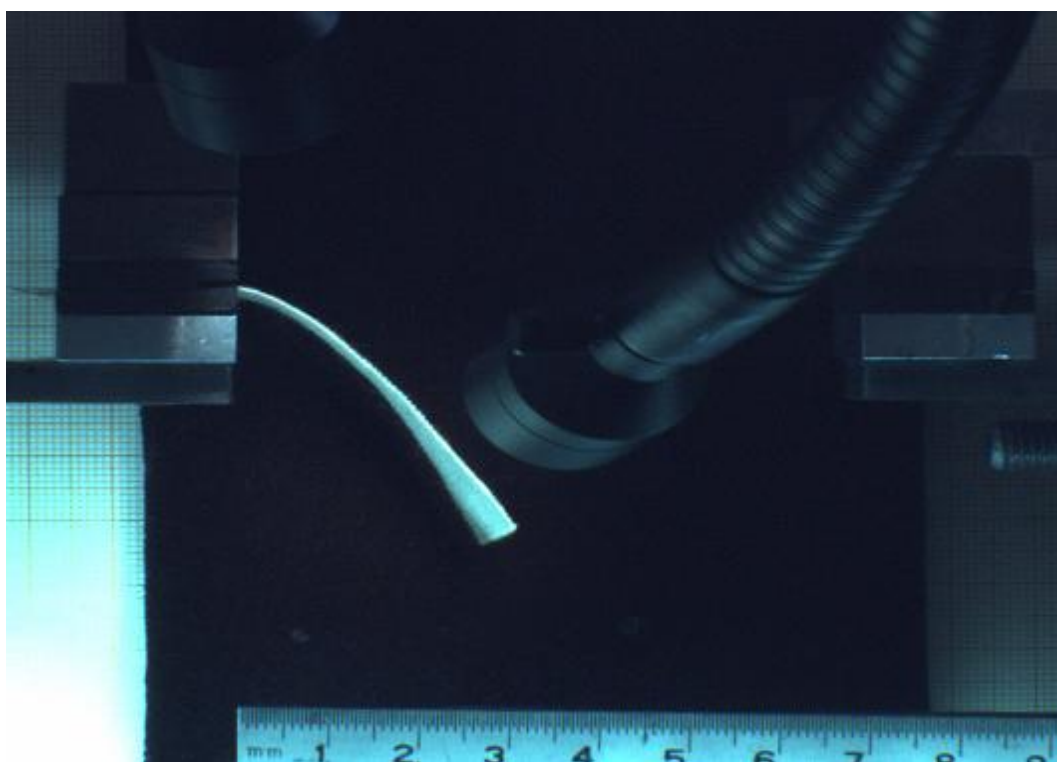


100 CO, Dú = 88 nití/10 cm, ÚTOK

Príloha II

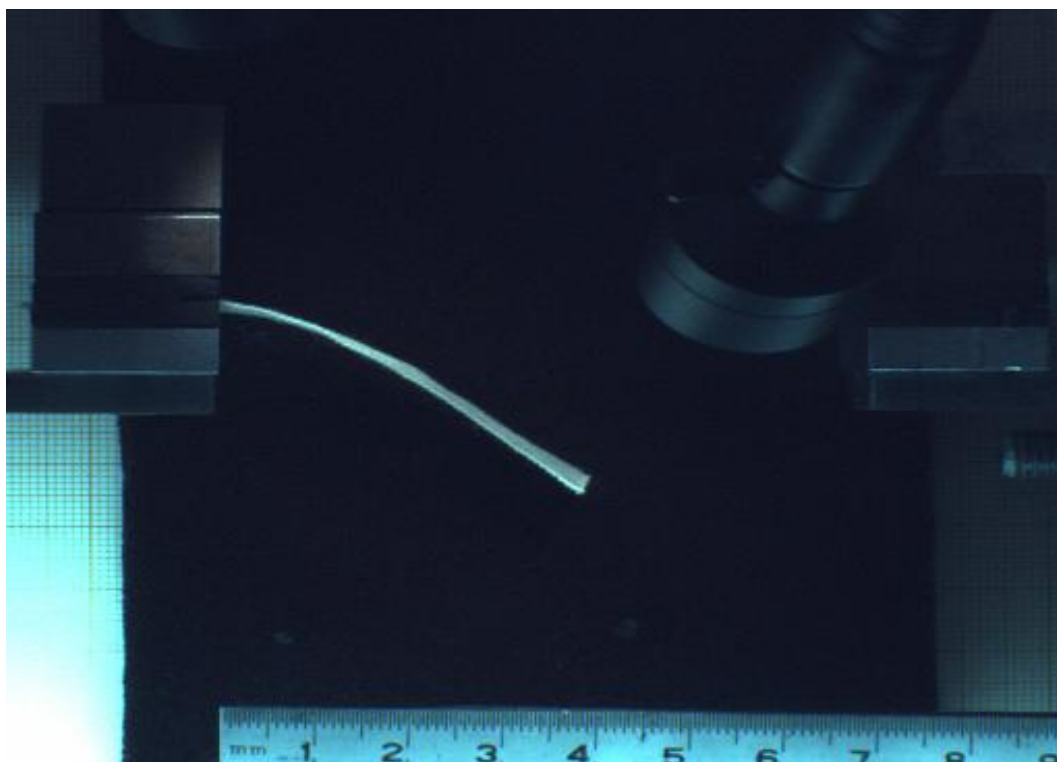


100 CO, Dú = 210 nití/10 cm, OSNOVA

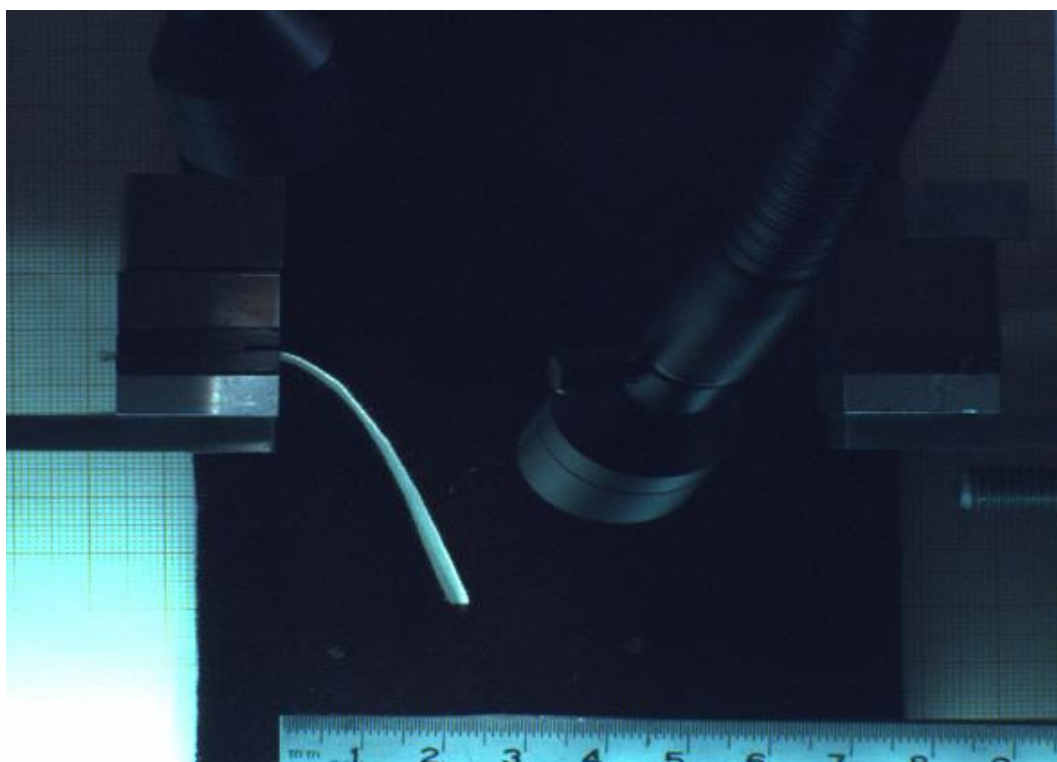


100 CO, Dú = 210 nití/10 cm, ÚTOK

Príloha III

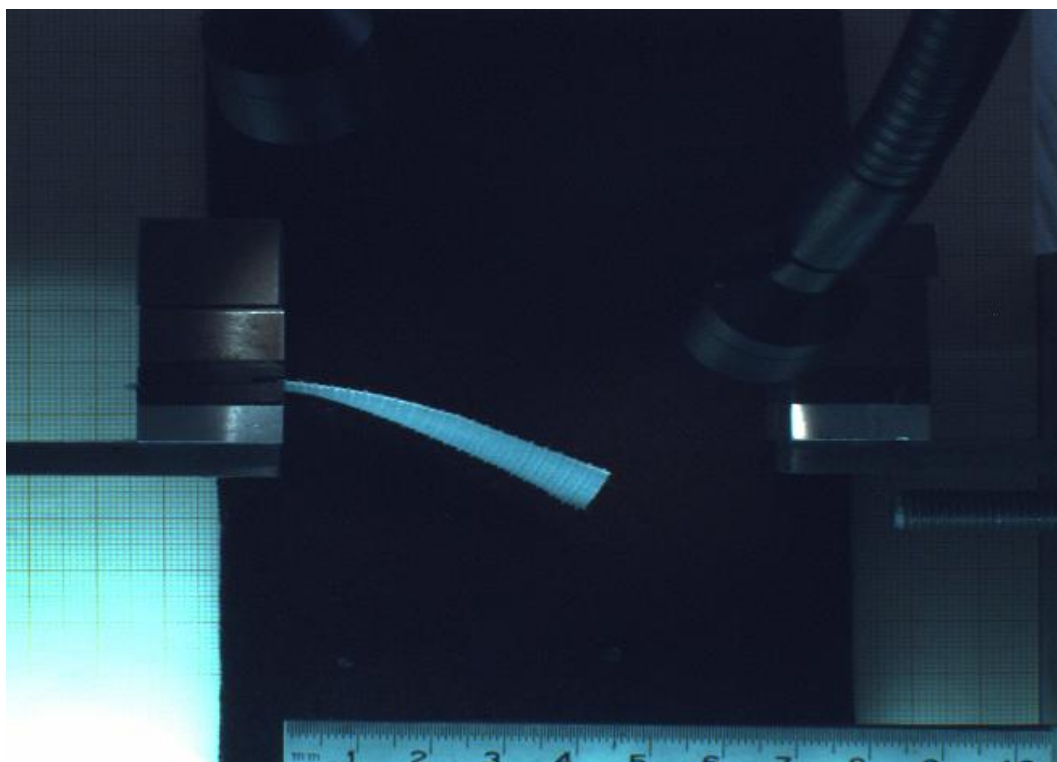


100 CO, Dú = 230 nití/10 cm, OSNOVA

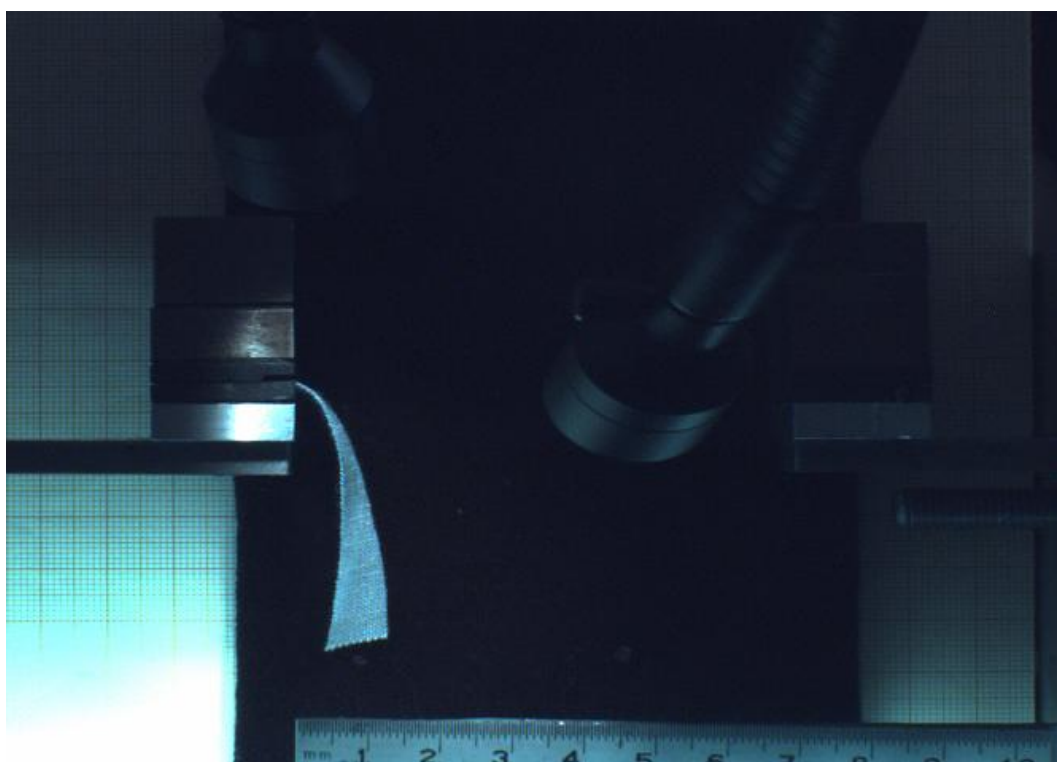


100 CO, Dú = 230 nití/10 cm, ÚTOK

Príloha IV

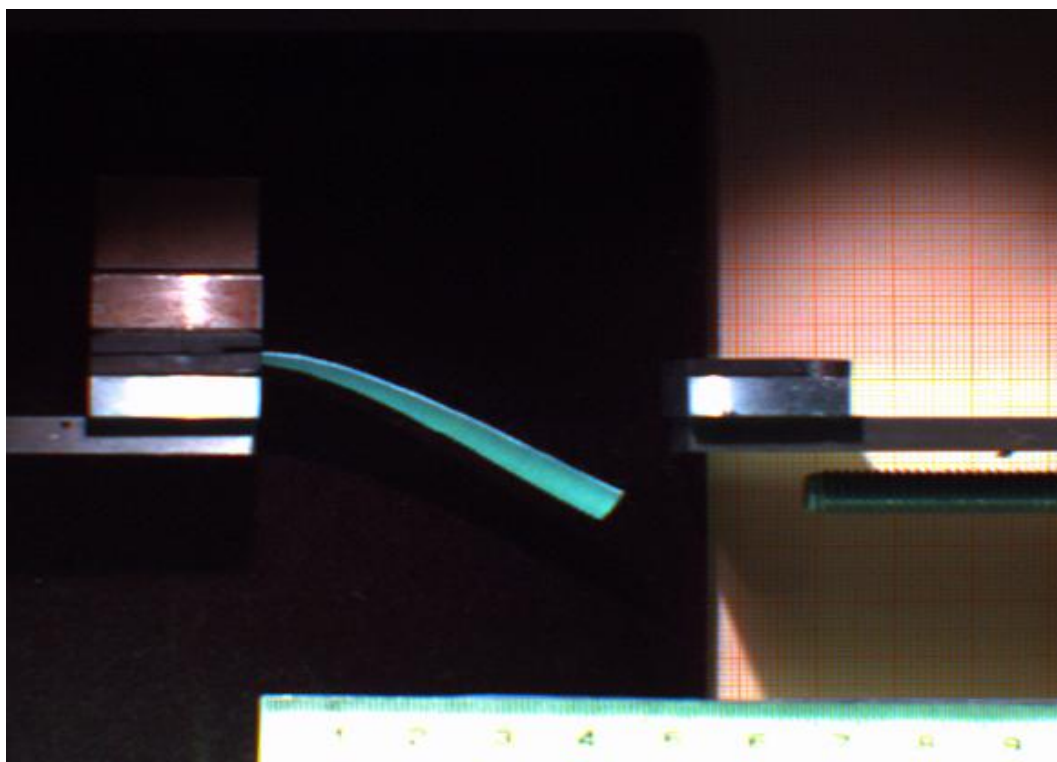


35 POP, $Dú = 88$ nití/10 cm, OSNOVA

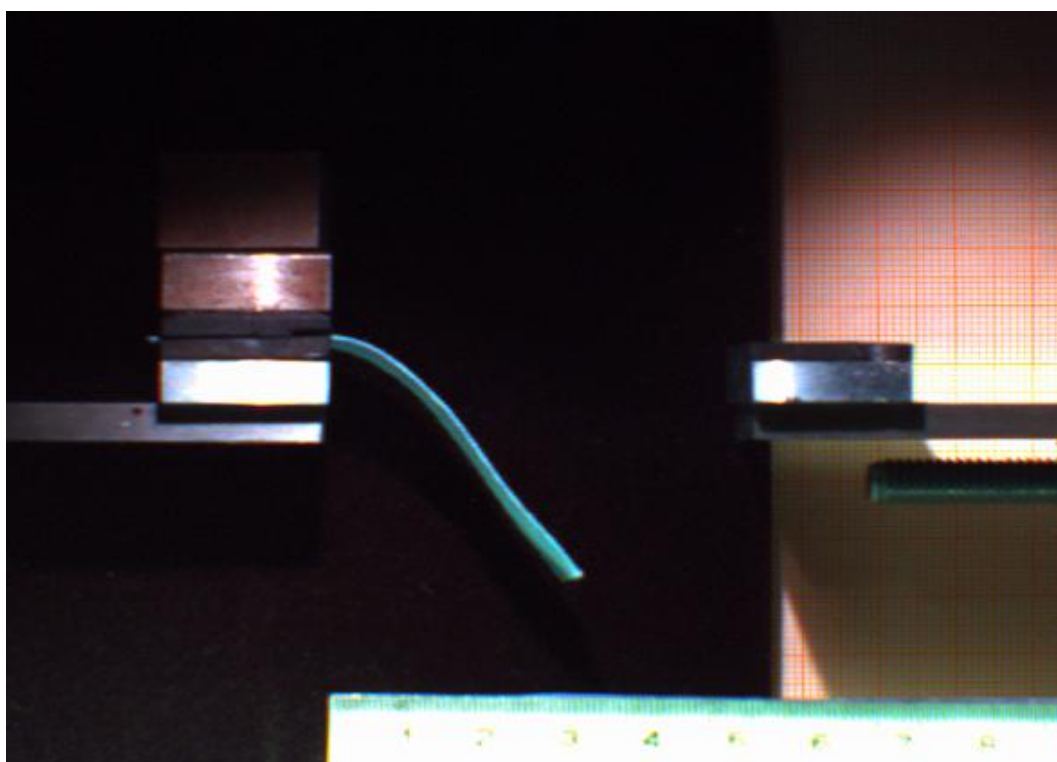


35 POP, $Dú = 88$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha V

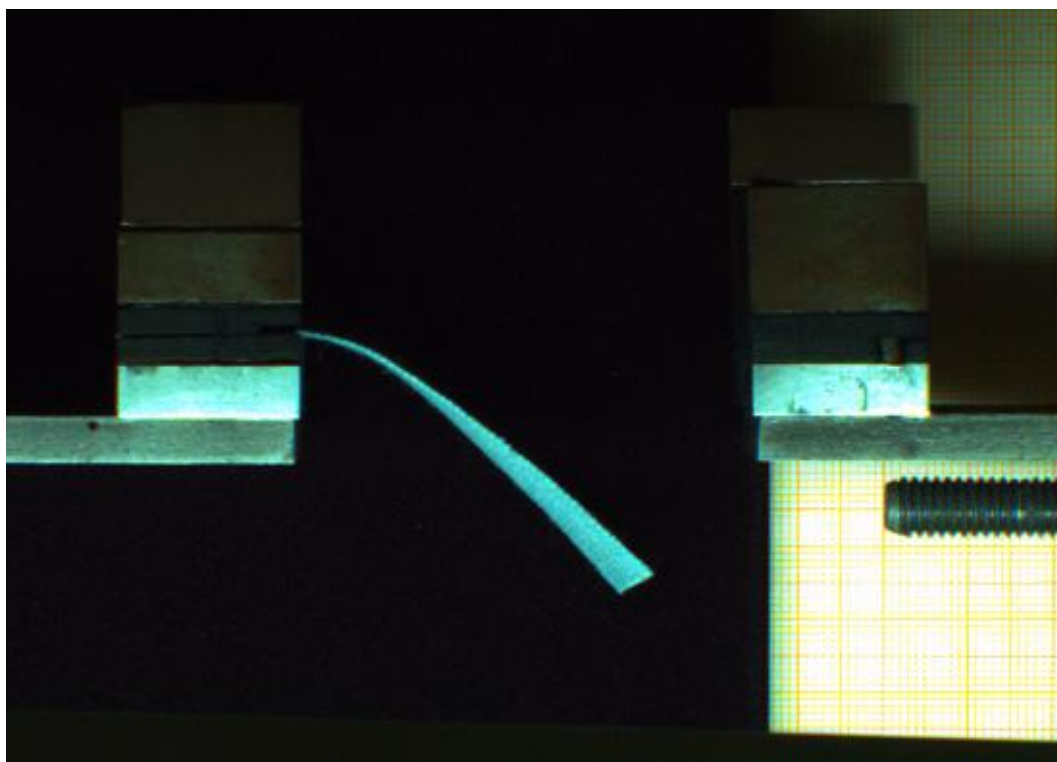


35 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, OSNOVA

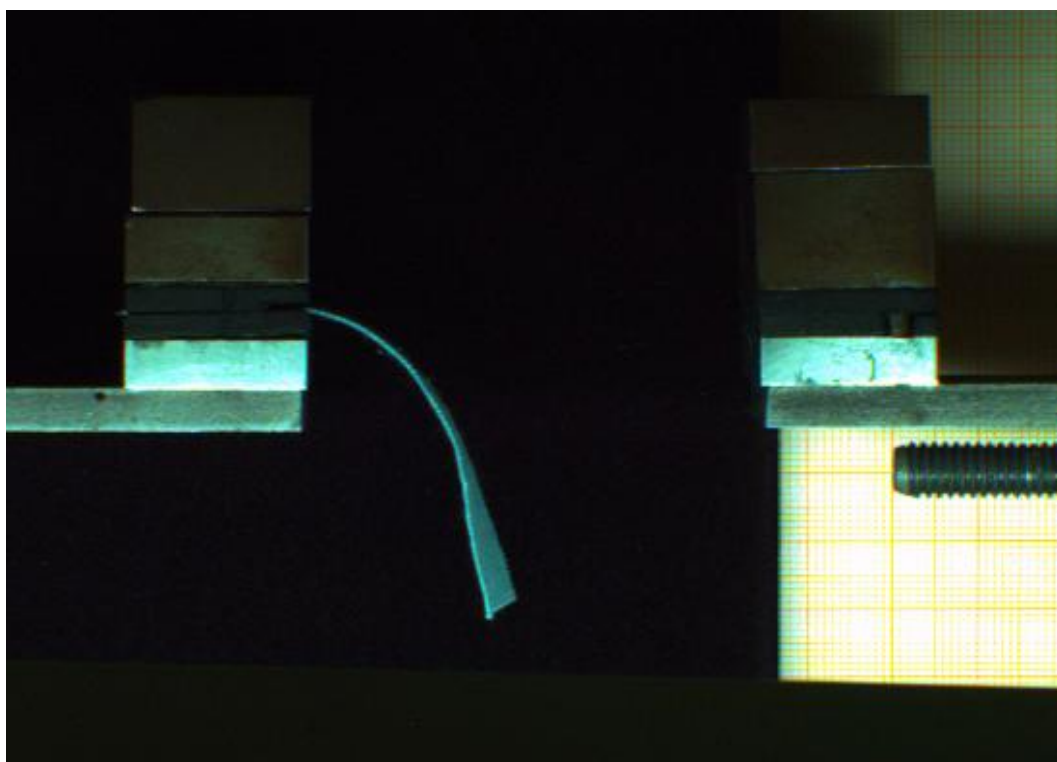


35 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha VI

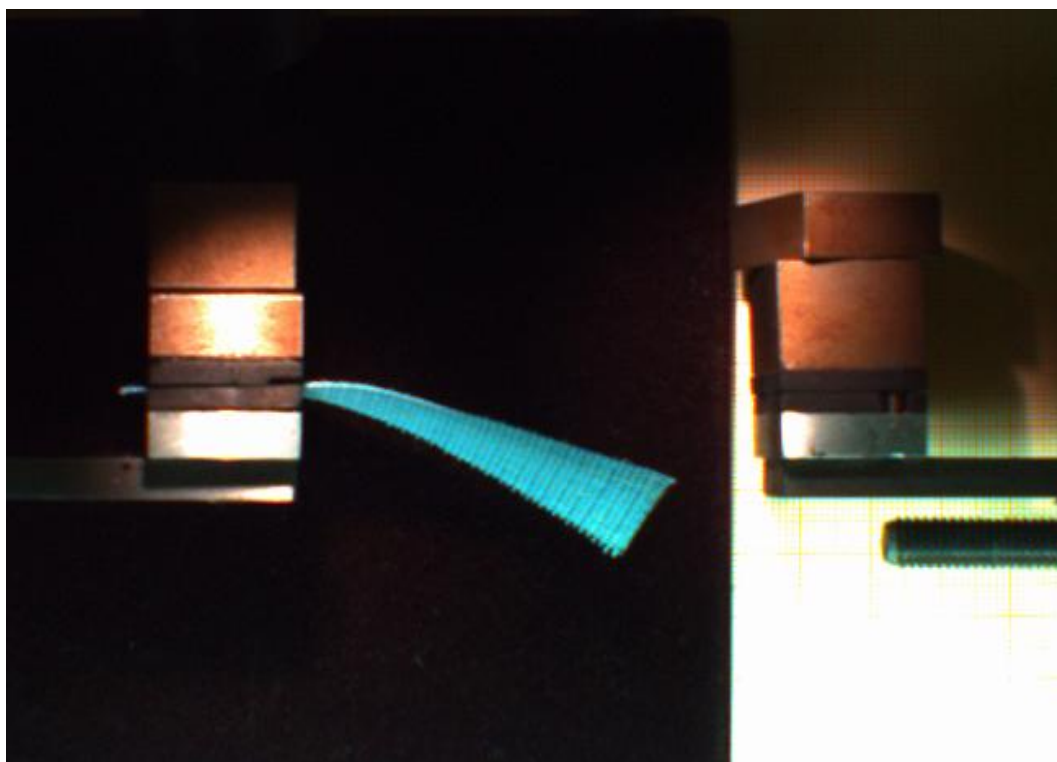


35 POP, $Dú = 193$ nití/10 cm, OSNOVA



35 POP, $Dú = 193$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha VII

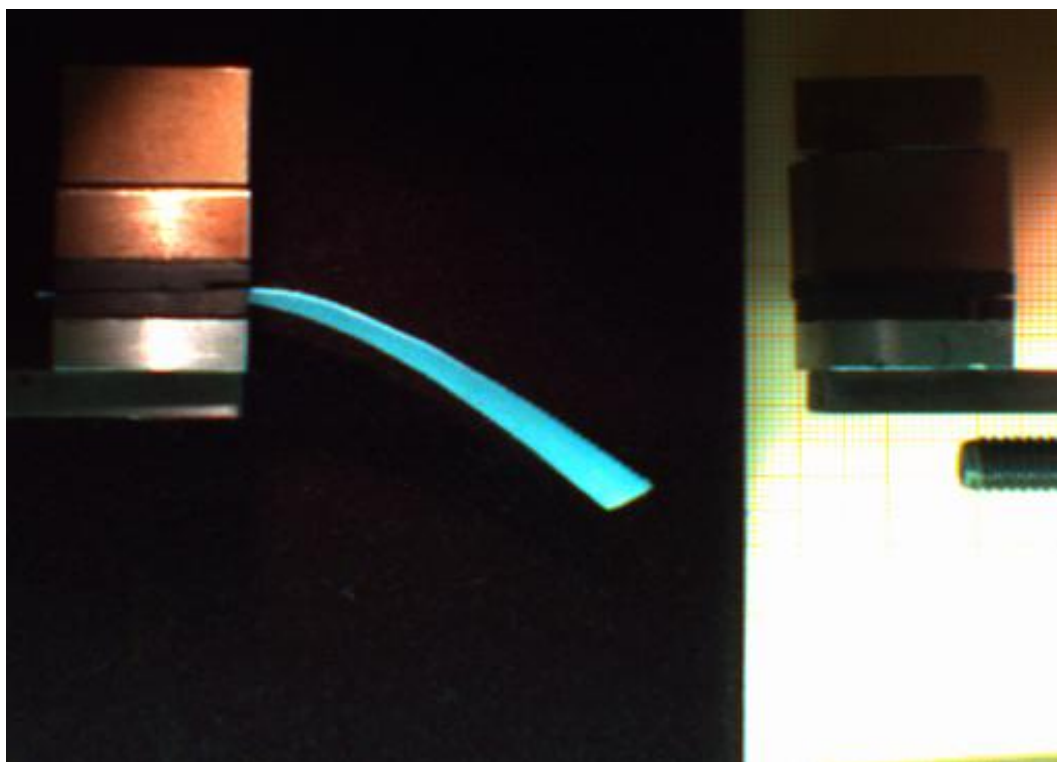


50 POP, Dú = 88 nití/10 cm, OSNOVA

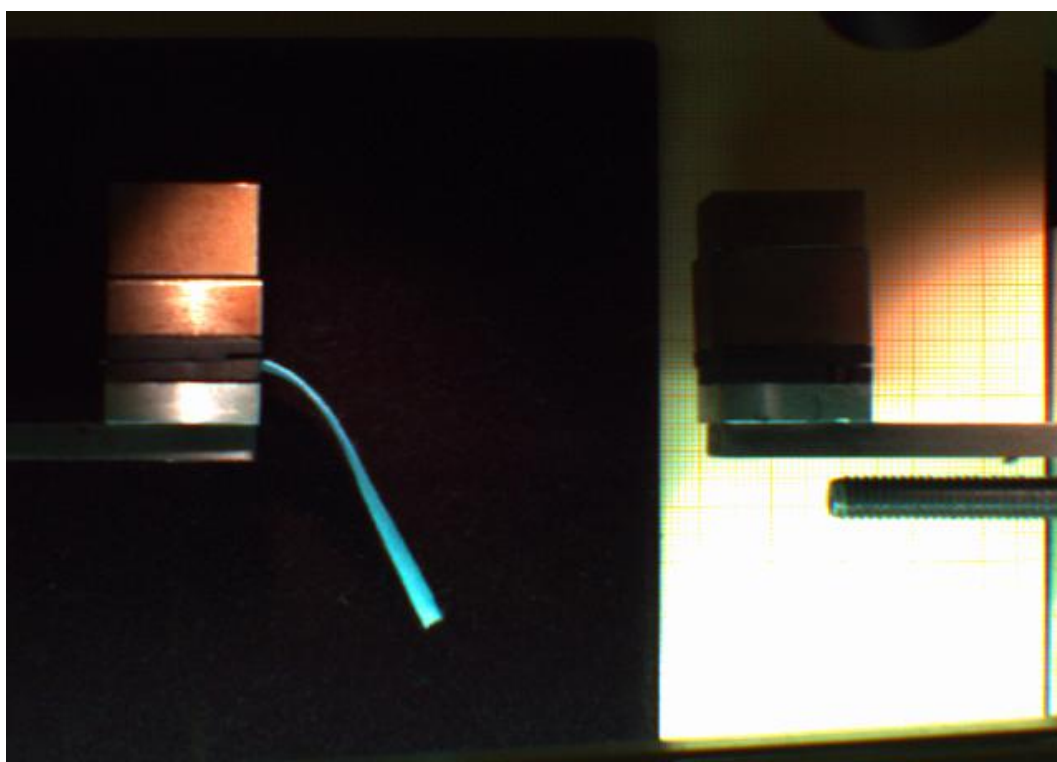


50 POP, Dú = 88 nití/10 cm, ÚTOK

Príloha VIII

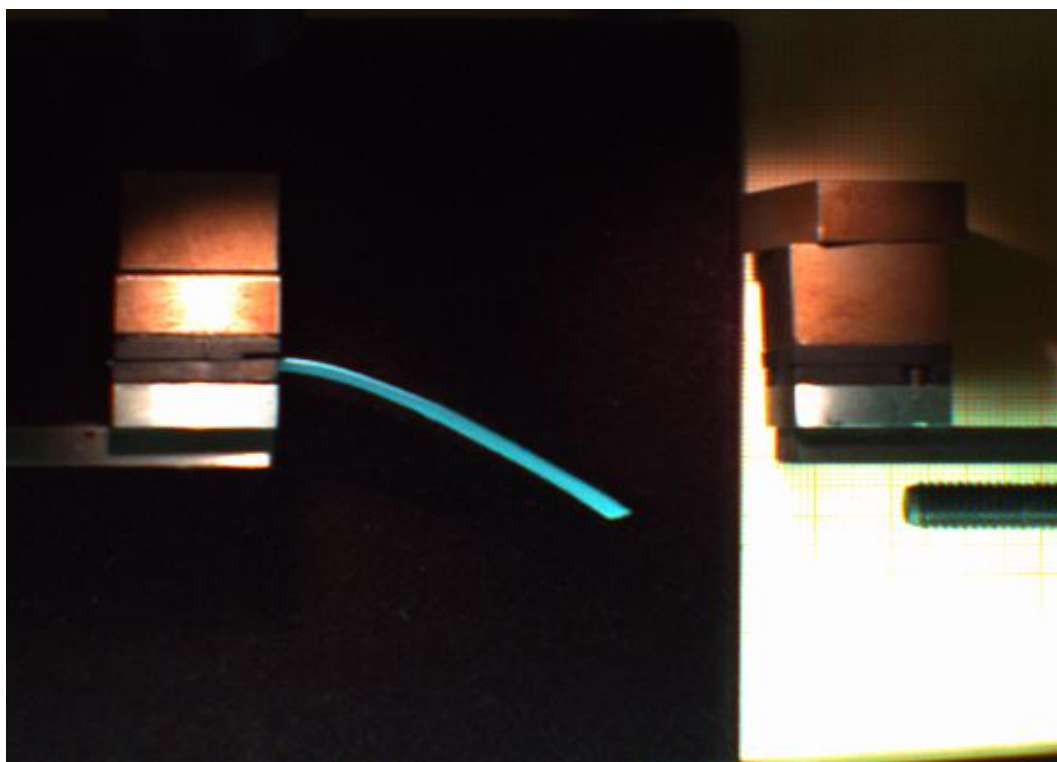


50 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, OSNOVA

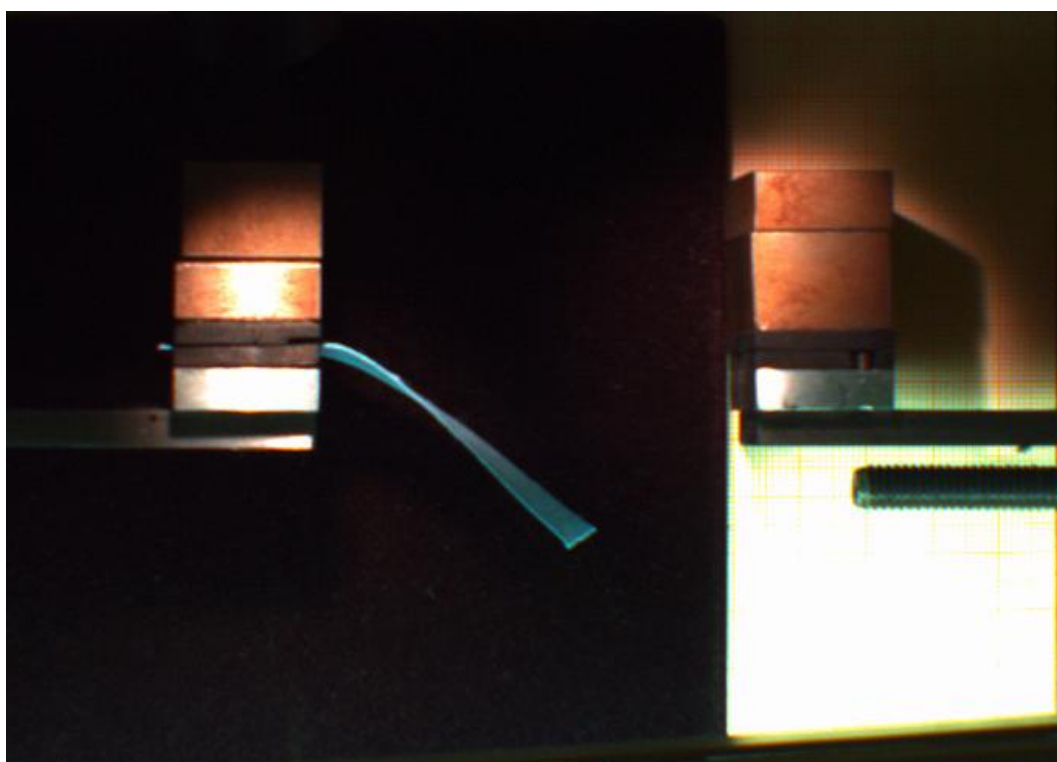


50 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha IX

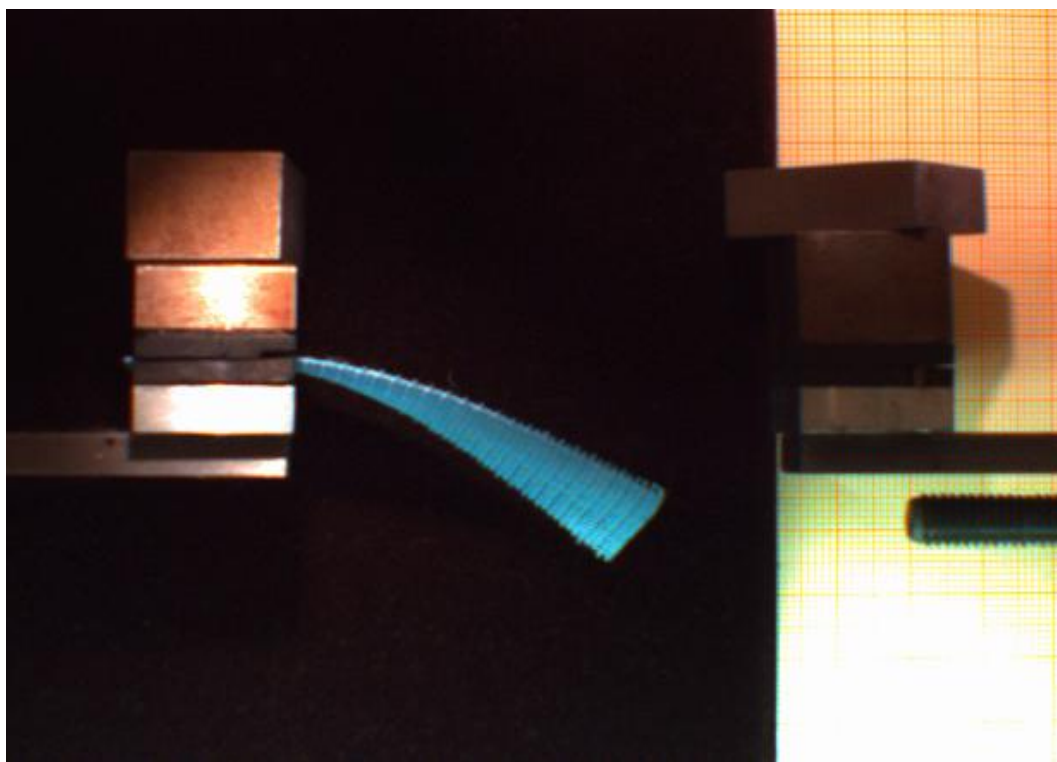


50 POP, $Dú = 218$ nití/10 cm, OSNOVA

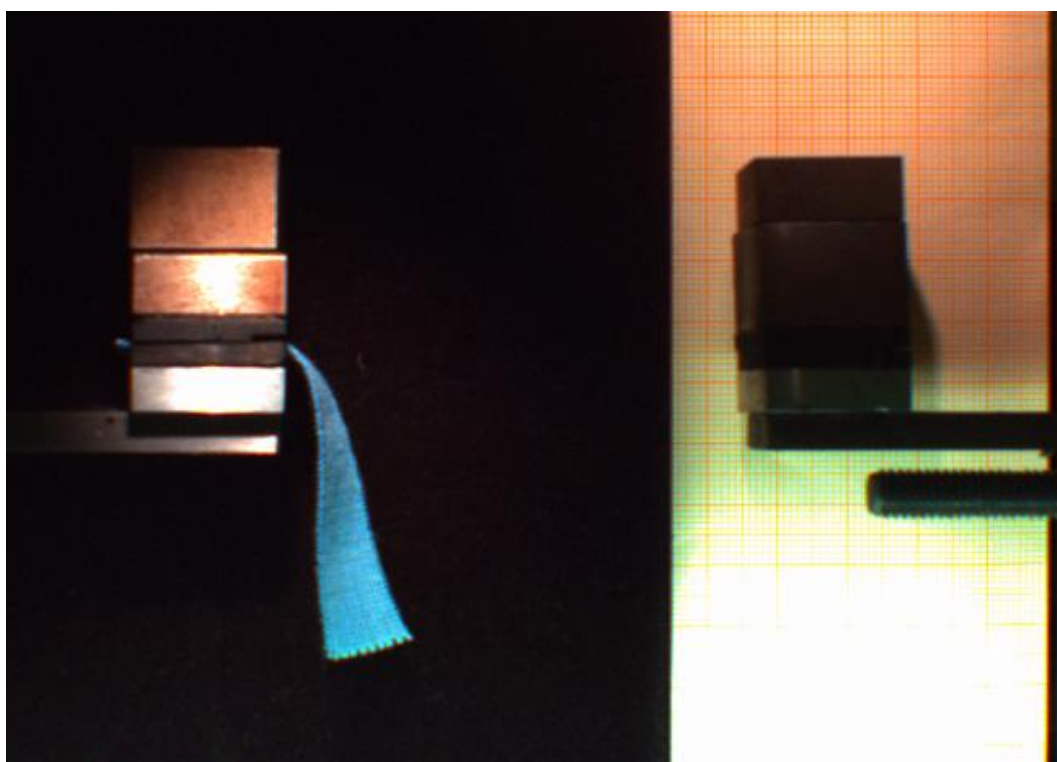


50 POP, $Dú = 218$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha X

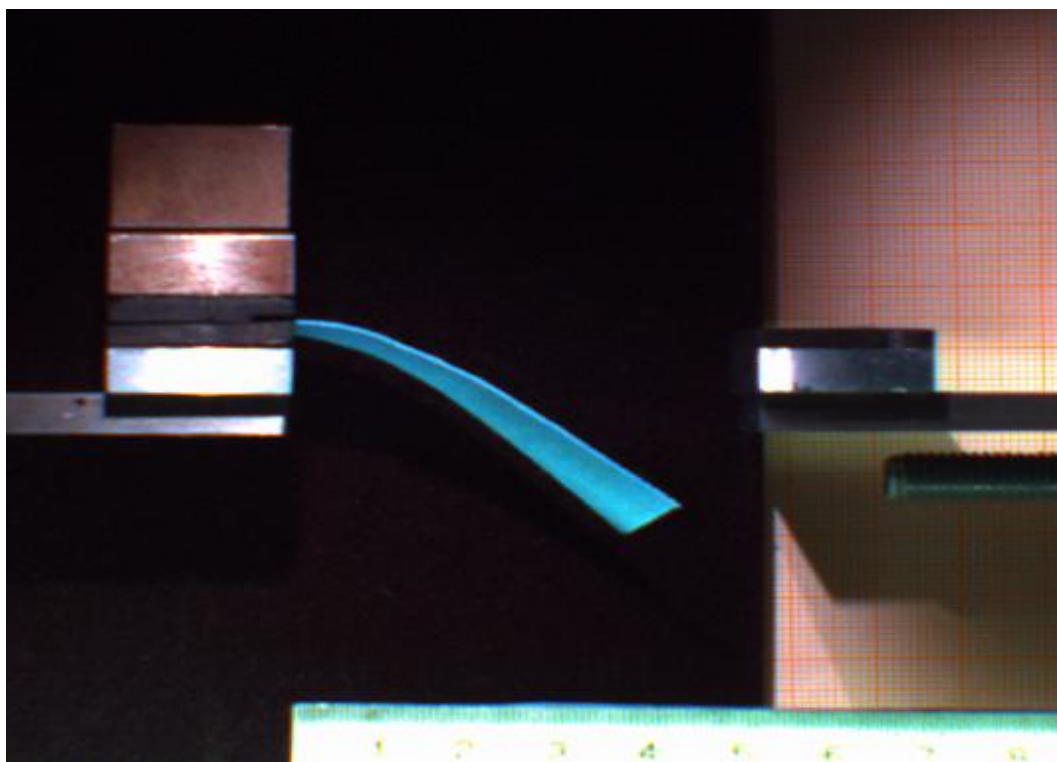


65 POP, Dú = 88 nití/10 cm, OSNOVA

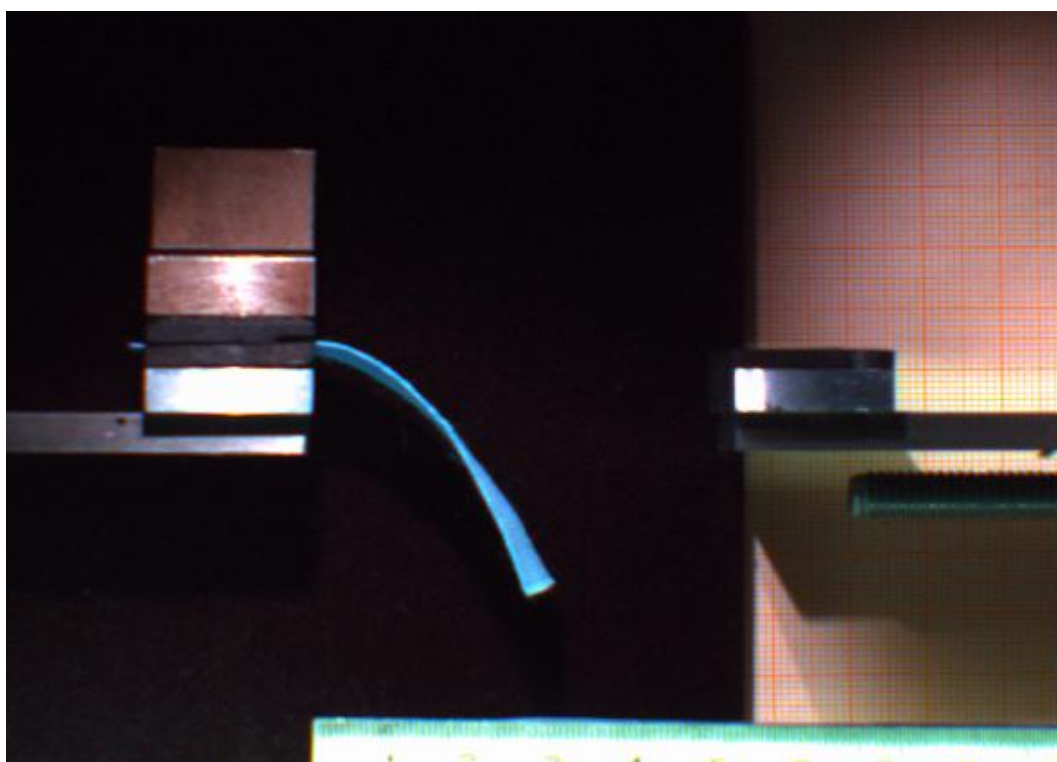


65 POP, Dú = 88 nití/10 cm, ÚTOK

Príloha XI

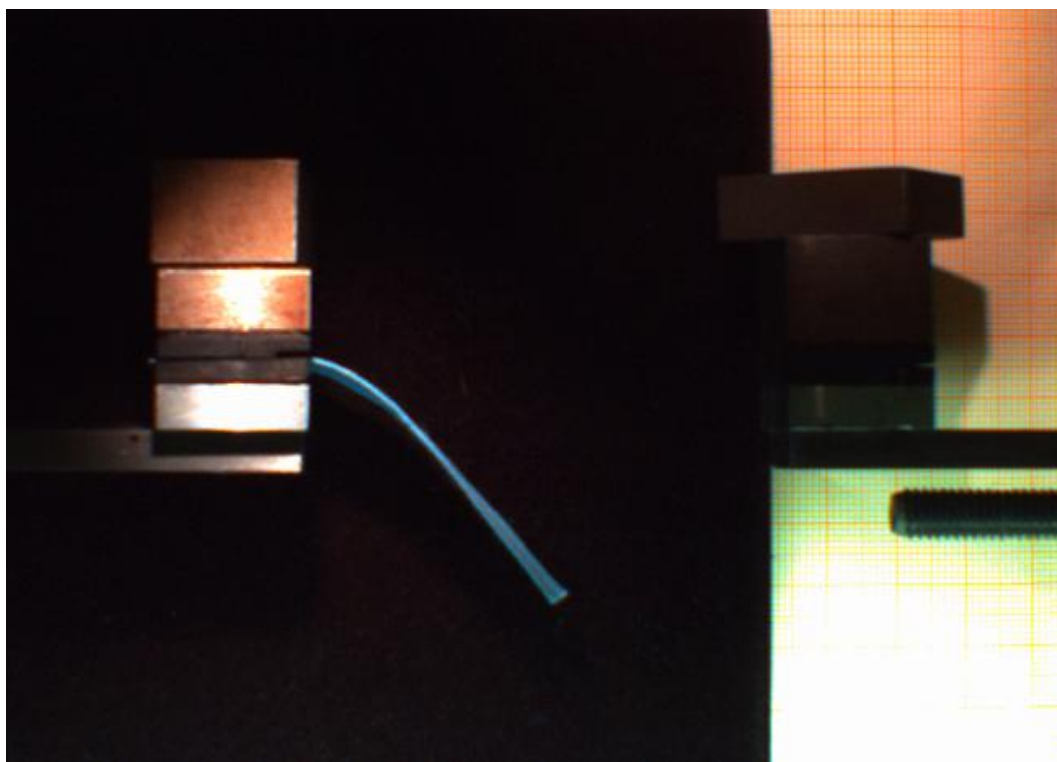


65 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, OSNOVA

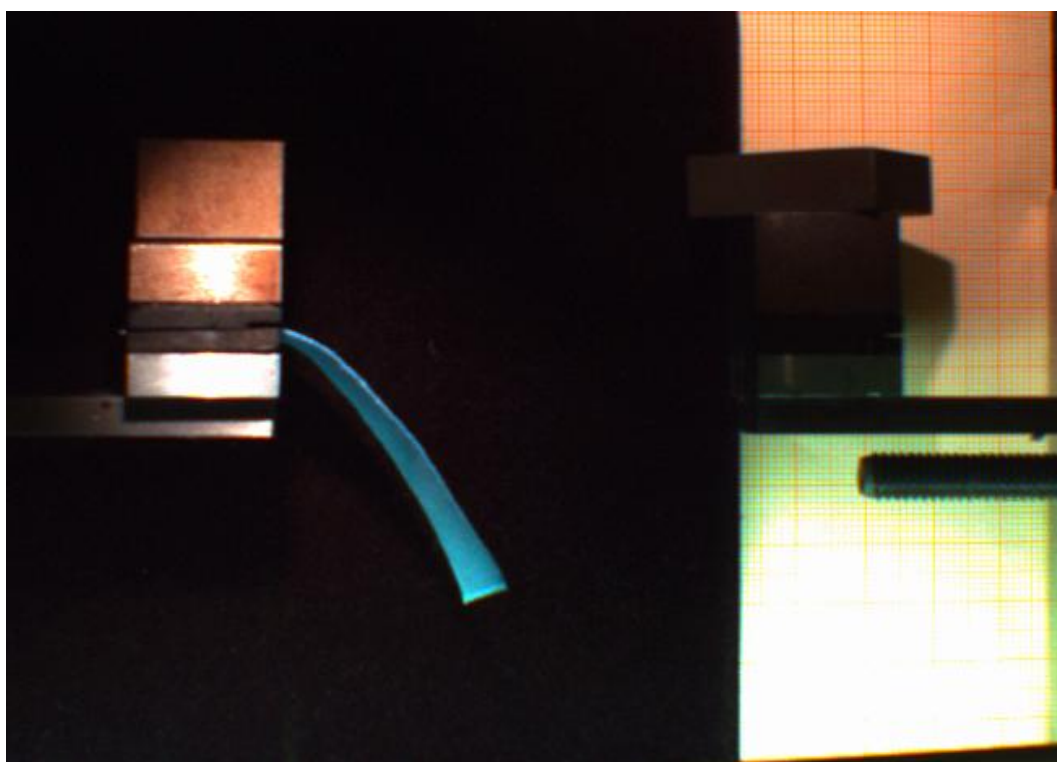


65 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha XII

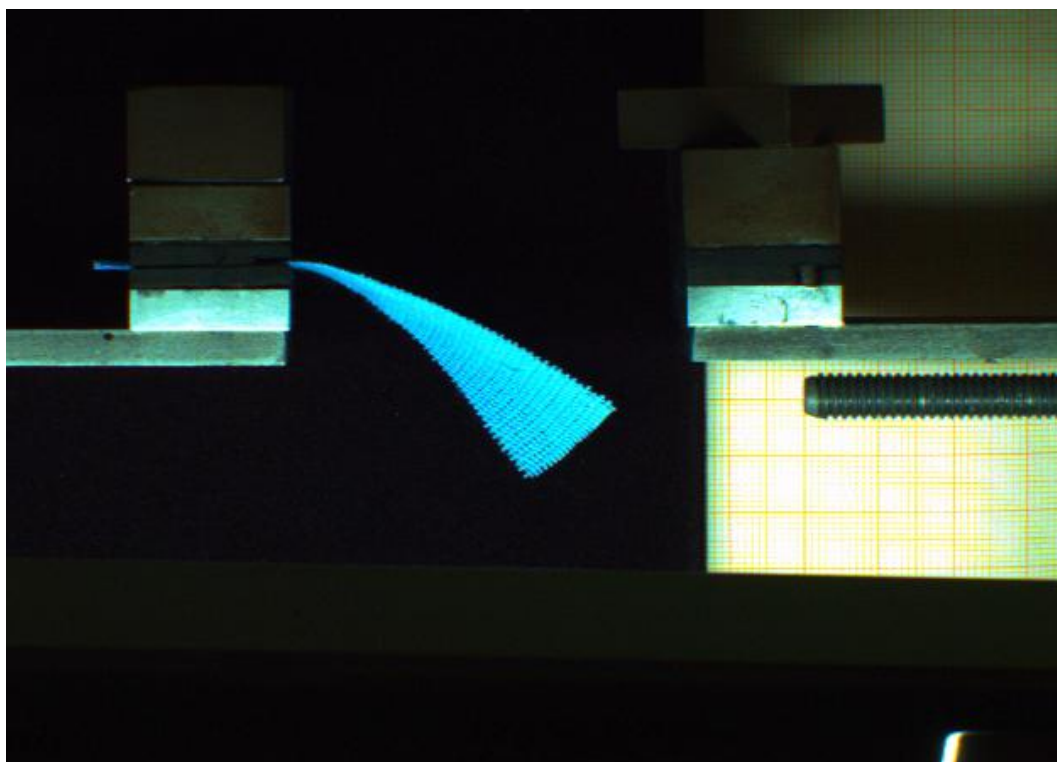


65 POP, $Dú = 193$ nití/10 cm, OSNOVA

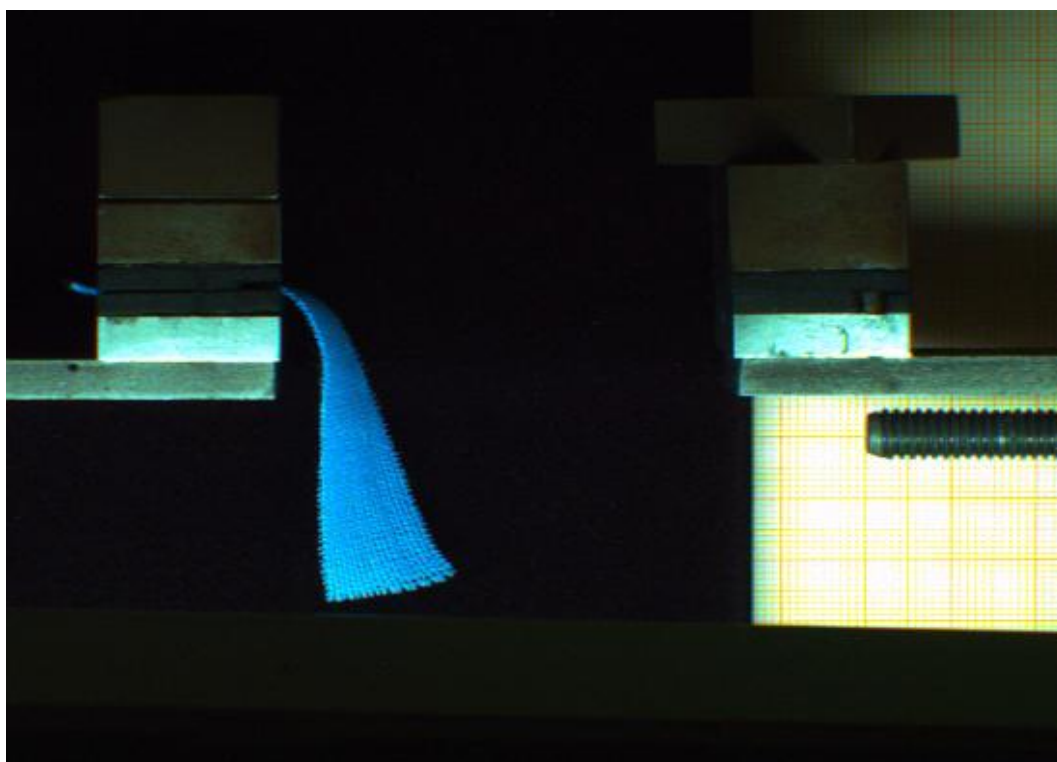


65 POP, $Dú = 193$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha XIII

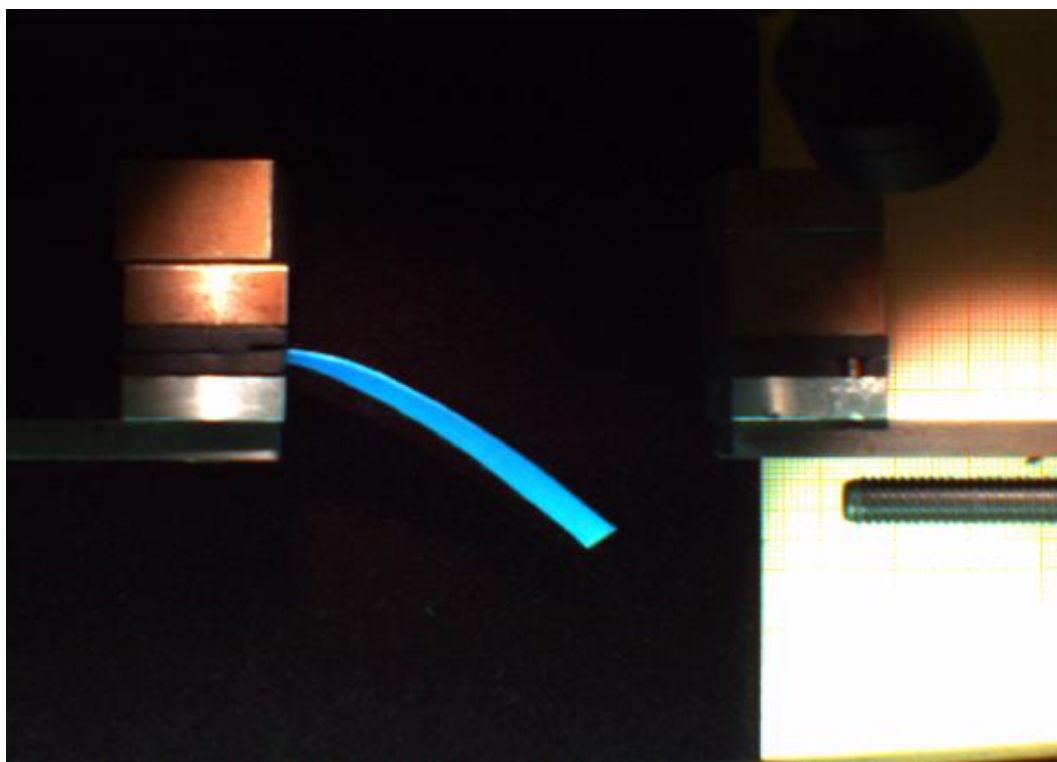


100 POP, $Dú = 88$ nití/10 cm, OSNOVA

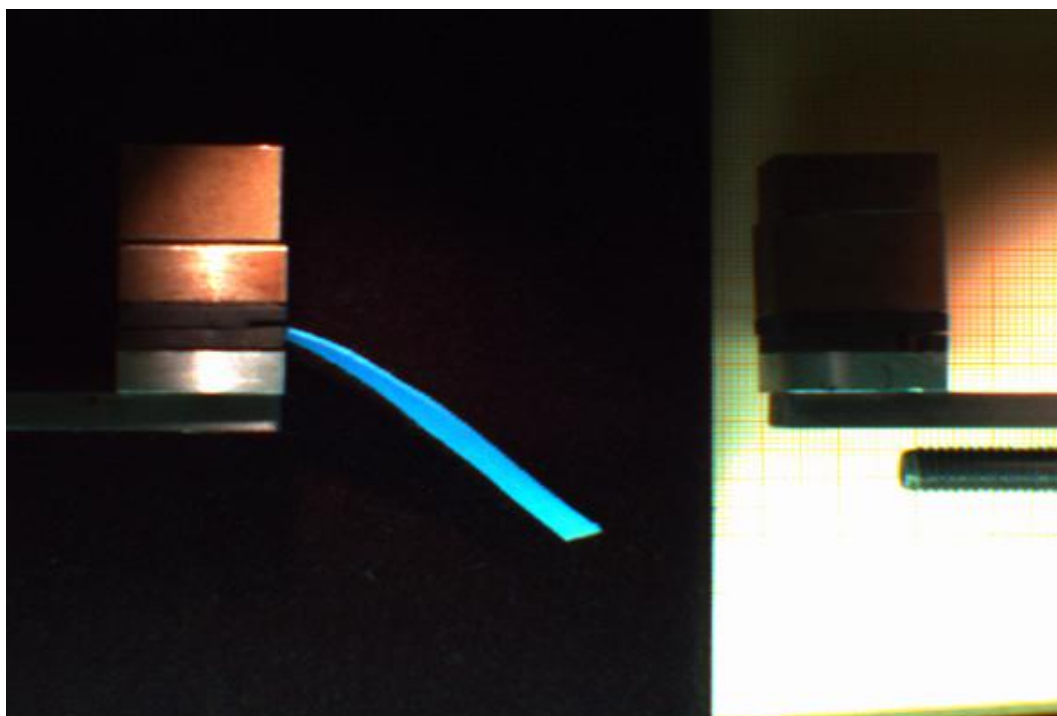


100 POP, $Dú = 88$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha XIV

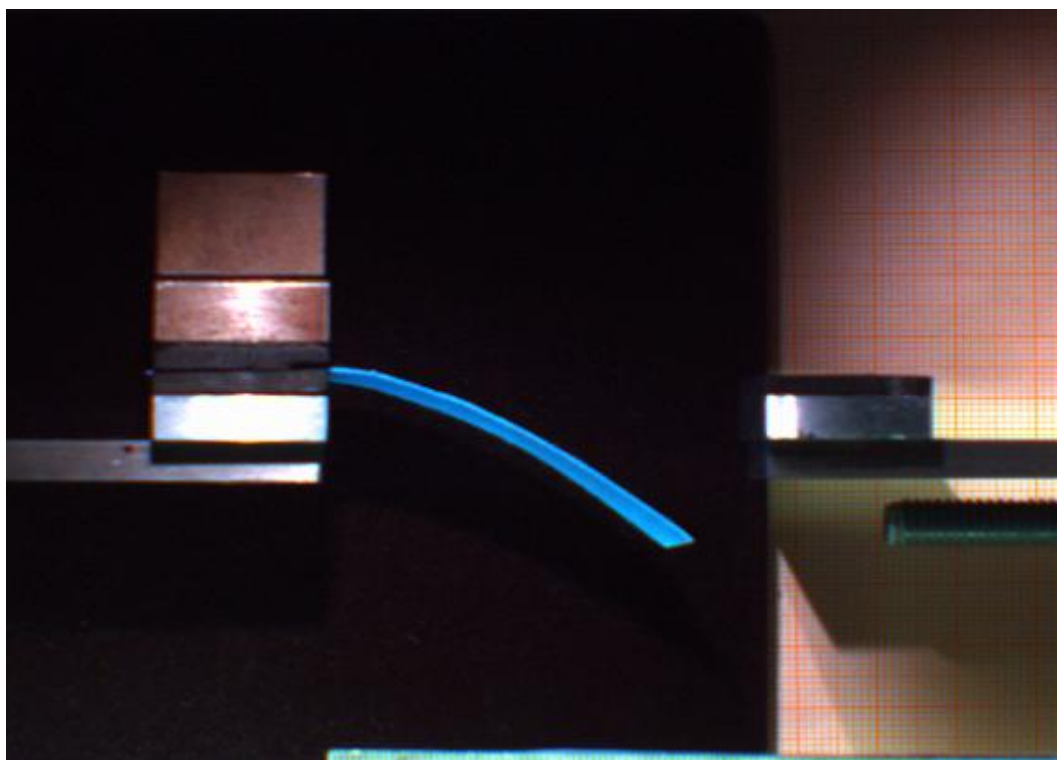


100 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, OSNOVA

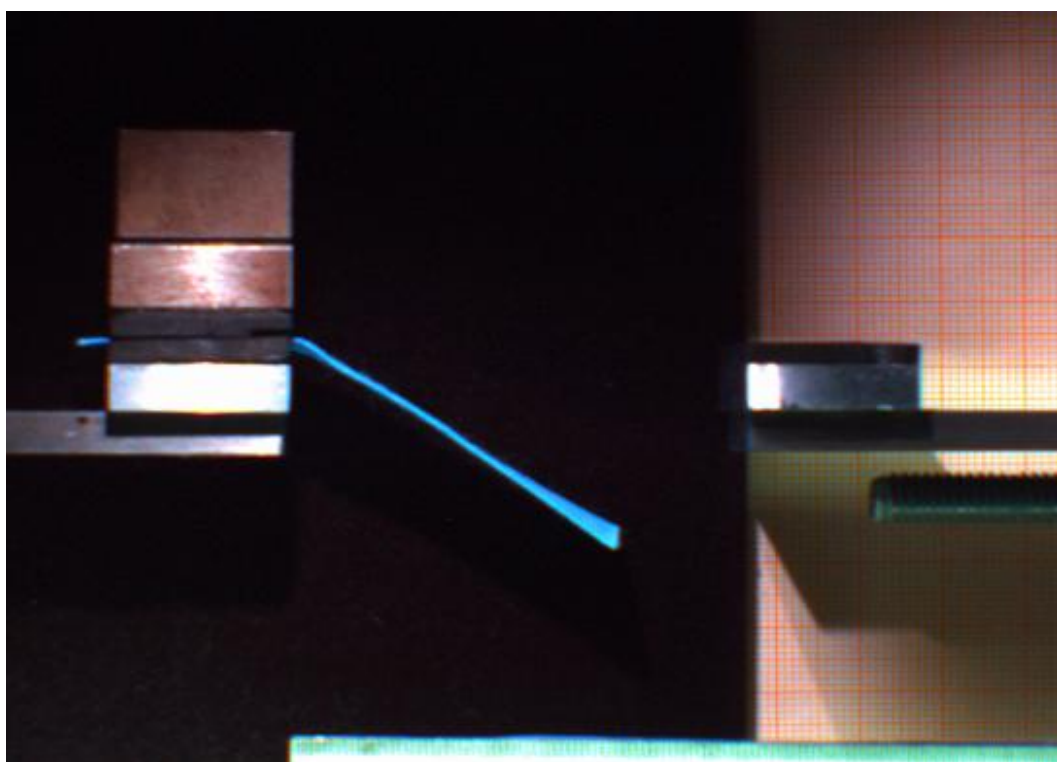


100 POP, $Dú = 170$ nití/10 cm, ÚTOK

Príloha XV



100 POP, $Dú = 193$ nití/10 cm, OSNOVA



100 POP, $Dú = 193$ nití/10 cm, ÚTOK

Namerané hodnoty ohybovej tuhosti

| 100 CO | P88 | | P170 | | P193 | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | osnova | útok | osnova | útok | osnova | útok |
| 1. | 877,93 | 50,35 | 959,80 | 156,10 | 609,05 | 137,61 |
| 2. | 839,44 | 25,67 | 1064,82 | 212,07 | 531,40 | 166,18 |
| 3. | 1110,81 | 19,81 | 1049,24 | 203,61 | 778,60 | 138,05 |
| 4. | 1524,58 | 15,73 | 1225,62 | 243,43 | 1197,59 | 118,50 |
| 5. | 1513,17 | 22,68 | 1310,56 | 281,05 | 849,90 | 160,95 |
| 6. | 1239,55 | 26,28 | 1354,19 | 225,47 | 729,35 | 154,32 |
| 7. | 1474,35 | 27,64 | 1236,28 | 231,66 | 557,66 | 184,32 |
| 8. | | 18,56 | 1851,11 | 198,54 | 911,14 | 134,54 |
| 9. | | | 1073,66 | 234,03 | | 196,76 |
| 10. | | | | | | 186,26 |
| \bar{x} [mNmm ²] | 1195,552107 | 23,10255176 | 1187,690732 | 218,8202847 | 734,3977108 | 160,9624546 |
| s [mNmm ²] | 293,6350248 | 10,7292527 | 265,7109543 | 34,4791889 | 219,9958832 | 25,8347515 |
| ν [%] | 24,56 | 46,44 | 22,37 | 15,76 | 29,96 | 16,05 |

Namerané hodnoty ohybovej tuhosti

| 35 POP | P88 | | P170 | | P193 | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | osnova | útok | osnova | útok | osnova | útok |
| 1. | 1024,36 | 6,22 | 976,45 | 226,61 | 490,32 | 136,04 |
| 2. | 1279,62 | 11,16 | 490,078 | 210,01 | 403,59 | 97,81 |
| 3. | 1705,26 | 11,60 | 636,46 | 175,88 | 400,70 | 105,53 |
| 4. | 1730,70 | 8,47 | 1157,81 | 237,85 | 599,64 | 123,68 |
| 5. | 1092,86 | 6,69 | 740,67 | 187,33 | 766,36 | 116,34 |
| 6. | 1263,96 | 8,26 | 583,99 | 126,33 | 645,31 | 188,93 |
| 7. | 1679,06 | 7,33 | 989,55 | 116,74 | 623,93 | 143,63 |
| 8. | 1607,48 | 7,88 | 792,61 | 183,73 | 745,05 | 147,21 |
| 9. | 1445,10 | 8,90 | 837,38 | 200,67 | 630,53 | 140,42 |
| 10. | | 12,51 | | 137,27 | | |
| \bar{x} [mNmm ²] | 1471,508491 | 9,245209224 | 806,4589832 | 173,6392449 | 567,813642 | 129,9814963 |
| s [mNmm ²] | 271,141344 | 2,14915866 | 214,9179209 | 41,6864447 | 133,0442978 | 27,0735056 |
| ν [%] | 18,426 | 23,243 | 26,65 | 24,01 | 23,43 | 20,83 |

Namerané hodnoty ohybovej tuhosti

| 50 POP | P88 | | P170 | | P193 | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | osnova | útok | osnova | útok | osnova | útok |
| 1. | 845,57 | 5,38 | 585,53 | 100,28 | 599,60 | 633,921 |
| 2. | 1218,96 | 5,20 | 987,44 | 84,41 | 705,19 | 382,02 |
| 3. | 1098,66 | 5,05 | 845,59 | 143,28 | 658,46 | 356,72 |
| 4. | 868,89 | 5,56 | 947,67 | 129,23 | 634,34 | 589,72 |
| 5. | 798,43 | 5,26 | 853,41 | 117,92 | 847,13 | 442,35 |
| 6. | 757,10 | 8,50 | 820,04 | 114,89 | 641,35 | 532,58 |
| 7. | 1179,89 | 8,817 | 935,89 | 105,11 | 714,35 | 241,76 |
| 8. | 1130,37 | 8,03 | 766,39 | 113,67 | 915,03 | 509,11 |
| 9. | 893,38 | 6,77 | 758,49 | 87,27 | 736,40 | 354,64 |
| 10. | 1275,34 | | 852,99 | | | 570,60 |
| \bar{x} [mNmm ²] | 1012,73321 | 6,645764216 | 851,1407826 | 109,0999077 | 688,8730526 | 463,6633186 |
| s [mNmm ²] | 192,7680353 | 1,55259511 | 115,4242642 | 18,9197115 | 103,9454256 | 125,944712 |
| ν [%] | 19,03 | 23,36 | 13,56 | 17,34 | 15,09 | 27,16 |

Namerané hodnoty ohybovej tuhosti

| 65 POP | P88 | | P170 | | P193 | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | osnova | Útok | osnova | útok | osnova | útok |
| 1. | 674,06 | 3,68 | 251,91 | 118,24 | 116,46 | 41,19 |
| 2. | 504,31 | 1,09 | 192,65 | 112,93 | 49,20 | 23,74 |
| 3. | 795,22 | 5,80 | 313,71 | 214,63 | 65,03 | 48,99 |
| 4. | 712,22 | 1,127 | 298,62 | 132,08 | 107,77 | 36,14 |
| 5. | 619,03 | 4,64 | 305,53 | 178,10 | 69,60 | 57,45 |
| 6. | 573,51 | 1,47 | 242,30 | 242,21 | 63,54 | 21,44 |
| 7. | 915,43 | 2,96 | 326,79 | 211,63 | 101,94 | 91,90 |
| 8. | 580,68 | 4,04 | 374,85 | 144,23 | 97,83 | 38,83 |
| 9. | 552,15 | 1,61 | 266,27 | 200,50 | 74,85 | 83,08 |
| 10. | | 6,49 | 275,09 | 109,24 | | |
| \bar{x} [mNmm ²] | 642,8630239 | 3,056406341 | 282,8101406 | 164,9355794 | 83,48562427 | 46,79372475 |
| s [mNmm ²] | 131,2231563 | 1,96618167 | 50,71434148 | 48,9147305 | 23,45760982 | 24,4962921 |
| ν [%] | 20,41 | 64,33 | 17,93 | 29,66 | 28,1 | 52,35 |

Namerané hodnoty ohybovej tuhosti

| 100 POP | P88 | | P170 | | P193 | |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | osnova | útok | osnova | útok | osnova | útok |
| 1. | 645,69 | 6,99 | 518,92 | 488,26 | 185,98 | 761,37 |
| 2. | 541,23 | 4,59 | 697,94 | 498,45 | 191,53 | 677,02 |
| 3. | 863,91 | 2,57 | 606,85 | 526,30 | 260,37 | 398,86 |
| 4. | 984,27 | 15,50 | 697,51 | 504,96 | 445,84 | 592,99 |
| 5. | 691,52 | 14,15 | 790,54 | 553,02 | 254,62 | 383,99 |
| 6. | 786,13 | 1,35 | 890,28 | 417,18 | 340,94 | 429,18 |
| 7. | 771,61 | 4,12 | 619,83 | 390,25 | 401,28 | 551,38 |
| 8. | 658,33 | | 819,09 | 464,89 | 341,60 | 385,54 |
| 9. | 924,59 | | 574,76 | 704,69 | 206,09 | 557,31 |
| 10. | 552,57 | | | | | |
| \bar{x} [mNmm ²] | 754,8044881 | 8,36108576 | 698,6954411 | 495,5963532 | 273,8458747 | 495,9279021 |
| s [mNmm ²] | 150,8255564 | 5,61434625 | 123,1789939 | 90,4466681 | 94,58907577 | 136,817232 |
| ν [%] | 19,98 | 67,15 | 12,72 | 18,25 | 34,54 | 27,59 |